

การสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

ปริญญานิพนธ์
ของ
รชชกร บุปผาคำ

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกการวัดผลการศึกษา

พฤษภาคม 2545

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

บทคัดย่อ

ของ

รชชกร บุปผาคำ

22 ก.ค. 2545

เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษา
ตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกการวัดผลการศึกษา

พฤษภาคม 2545

|

h 102890

รชชกร บุพบคำ. (2545) . การสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยา

ศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. ปริญญาโท กศ.ม. (การวัดผลการ
ศึกษา) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. คณะกรรมการ
ควบคุม : รองศาสตราจารย์ ดร. ส.วาสนา ประवालพฤษ, ผู้ช่วยศาสตราจารย์
ระวีวรรณ พันธุ์พานิช.

การศึกษาครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการ
ทางวิทยาศาสตร์ ที่มีคุณภาพสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของจังหวัดราชบุรี

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ปีการศึกษา
2543 ของโรงเรียนหนองโพวิทยา อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี จำนวน 60 คน ซึ่งเลือกมา
โดยการสุ่มอย่างง่าย โดยทำการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง 2 ครั้ง ดังนี้ ทดสอบครั้งที่ 1 เพื่อหา
ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบคัดเลือกและปรับปรุงข้อสอบเป็นรายข้อ ทดสอบ
ครั้งที่ 2 เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ

แบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบ่งเป็น 2 ฉบับดังนี้
คือ ฉบับที่ 1 ประกอบด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 6 ทักษะ ได้แก่
ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการคำนวณ ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการหา
ความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปสและสเปกกับเวลาและทักษะการพยากรณ์ฉบับที่ 2 ประกอบ
ด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 2 ทักษะ คือทักษะการจัดกระทำและสื่อ
ความหมายข้อมูลและทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูลและทักษะกระบวนการทางวิทยา
ศาสตร์ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดและควบคุม
ตัวแปร ทักษะการตีความข้อมูลและลงสรุปข้อมูล ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ และ
ทักษะการทดลอง

ผลการวิจัยพบว่า ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบฉบับที่ 1 มีค่า
อยู่ในช่วง 0.48 ถึง 0.68 และ 0.20 ถึง 0.45 ตามลำดับ และฉบับที่ 2 มีค่าอยู่ในช่วง 0.52 ถึง
0.79 และ 0.20 ถึง 0.52 ตามลำดับ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบคำนวณโดยใช้สูตร
สัมประสิทธิ์แอลฟา พบว่าฉบับที่ 1 มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแต่ละทักษะอยู่ในช่วง
0.533 ถึง 0.776 และรวมทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.921 และฉบับที่ 2 ค่าความเชื่อมั่นของแบบ
ทดสอบแต่ละทักษะอยู่ในช่วง 0.606 ถึง 0.873 และรวมทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.915 ค่าความเชื่อ
มั่นของผู้ประเมินคำนวณโดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์การอ้างอิงมีค่าเท่ากับ 1.00 ค่าความเที่ยงตรง
ตามโครงสร้างของแบบทดสอบ คำนวณโดยวิธี Multitrait Multimethod มีความเที่ยงตรงเชิง
เหมือนอยู่ในช่วง 0.510 ถึง 0.771 และสูงกว่าค่าความเที่ยงตรงเชิงจำแนกซึ่งมีค่าอยู่ในช่วง

– 0.177 ถึง 0.649 แสดงว่าแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างและหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในของแต่ละทักษะและทั้งฉบับโดยใช้สูตรของเพียร์สันมีค่าอยู่ในช่วง 0.235 ถึง 0.862 และ 0.512 ถึง 0.871 ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าความเที่ยงตรงตามโครงสร้างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ .001

A CONSTRUCTION OF SCIENCE PROCESS SKILLS PERFORMANCE TEST FOR
MATHAYOM SUKSA 2 STUDENTS

AN ABSTRACT
BY
ROJCHAKORN BUBPHAKHUM

Presented in partial fulfillment of the requirements
for the Master of Education degree in Educational Measurement
at Srinakharinwirot University
May 2002

Rojchakorn Bubphakhum. (2002). *A Construction of Science process skills performance test for Mathayom suksa 2 students*. Master thesis, Ed.M. (Educational Measurement). Bangkok : Graduate School, Srinakharinwirot University. Advisor Committee: Assoc. Prof. Dr. Sor. Wasana Pravalapruk, Asst. Prof. Rawiwan Panpanit.

The purpose of this study was to construct a performance test on science process skills for Mathayom Suksa 2 students, Nongphovithaya school, Amphoe Photharam, Changwat Ratchaburi. A sample of 60 students was selected by Simple Random Sampling. The test was tried out two times. First to examine the difficulty and the discrimination indices of test item and to select the test items. Secondly one was to estimate tests validity and reliability.

The performance tests consisted of two subtest, the first part consisted of 6 basic science process skills, they were Observation, Measurement, Computation, Classification, Space-Time relationship and Prediction. The second part consisted of 2 basic science process skills and 5 integrated science process skills, they were Collection and Handle Data, Inferrent and Formulate Hypothesis, Controll Variable, Interpret data, Operation definition and Experimentation.

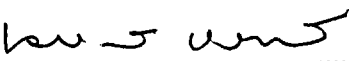
Time result showed that the difficulty and the discriminating powers of the item of the first test ranged from 0.48 to 0.68 and from 0.20 to 0.45 respectively. And the difficulty and the discriminating powers of the item of the second test ranged from 0.52 to 0.79 and 0.20 to 0.52 respectively. The reliability of the first test determined by α coefficient formula ranged from 0.533 to 0.776 and 0.921 for the whole test. And the second test determined by α coefficient formular ranged from 0.576 and 0.915 for the whole test. The reliability of evaluator determined by Generalizability coefficient was 1.00. The construct validity of the test determined by Multitrait Multimethod convergent, divergent validity ranged from 0.510 to 0.771 and – 0.177 to 0.649, Intercorrelation between Science process skills computed by Pearson product moment correlation which ranged from 0.235 to 0.862 and 0.512 to 0.871 for the whole test. These correlation coefficients were statistically significance at the .01 and .001 levels.

ปริญญานิพนธ์
เรื่อง

การสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2

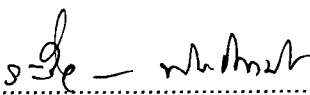
ของ
นางสาวรสชกร บุปผาคำ

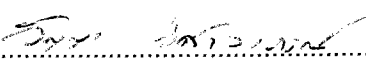
ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต วิชาเอกการวัดผลการศึกษา
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

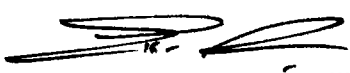

..... คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(รองศาสตราจารย์ ดร. นภาพรณ์ หะวานนท์)
วันที่ 6 เดือน กรกฎาคม พ.ศ. 2545

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์


..... ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.ส.วาสนา ประवालพฤษ์)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ระวีวรรณ พันธุ์พานิช)


..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(รองศาสตราจารย์ วัลย์ญา วิศาลาภรณ์)


..... กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิคม ดังคะพิภพ)

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ได้รับทุนสนับสนุนการวิจัย
ทุนมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์นี้สำเร็จได้ด้วยดี เนื่องจากผู้วิจัยได้ความรู้ แนวคิด และคำแนะนำอย่างดียิ่งจาก รองศาสตราจารย์ ดร.ส.วาสนา ประवालพฤษ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ระวีวรรณ พันธุ์พานิชอาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์และกรรมการสอบปริญญานิพนธ์คือรองศาสตราจารย์วิญญา วิศาลาภรณ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นิคม ตั้งคะพิภพ ผู้วิจัย รู้สึกซาบซึ้ง และขอกราบขอบพระคุณในความกรุณาของอาจารย์ทุกท่านด้วยความเคารพ อย่างสูง

ขอขอบคุณผู้เชี่ยวชาญทุกท่าน ที่ได้กรุณาพิจารณาให้เป็นอันเป็นประโยชน์ยิ่งต่อการพัฒนาเครื่องมือเพื่อการศึกษาครั้งนี้ และขอขอบส่วนที่เป็นคุณความดีจากผลงานวิจัยครั้งนี้ให้แก่ นักคิด นักเขียน นักวิจัย และนักวัดผลทั้งหลายที่ได้สร้างผลงานวิจัย ตำราเพื่อการศึกษาอันเป็นแหล่งสำหรับค้นคว้าและอ้างอิงของผู้วิจัย เพื่อให้เกิดการพัฒนาทางความคิดในการสร้างผลงานวิจัยครั้งนี้ ด้วยความสำนึกในบุญคุณเป็นอย่างสูง

ขอขอบคุณผู้บริหารโรงเรียน อาจารย์ผู้ให้ความอนุเคราะห์ช่วยเก็บรวบรวมข้อมูล โดยเฉพาะอาจารย์หมวดวิทยาศาสตร์ และนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ได้ให้ความช่วยเหลือเป็นอย่างดีในการเก็บรวบรวมข้อมูลครั้งนี้

ท้ายที่สุดนี้ ขอขอบคุณ เพื่อน พี่ น้อง และสมาชิกทุกคนในครอบครัวของผู้วิจัยที่เป็นกำลังใจและให้ความสนับสนุนผู้วิจัยด้วยดีตลอดมา

รชชกร บุปผาคำ

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	3
ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า	3
ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า	3
การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	3
นิยามศัพท์เฉพาะ	4
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	8
ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	8
เอกสารที่เกี่ยวข้องกับประเภทและลักษณะของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	10
ความหมายของแบบทดสอบภาคปฏิบัติ	45
ชนิดของแบบทดสอบภาคปฏิบัติ	47
การสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติ	49
ความหมายของการประเมินผลจากสภาพจริง	50
แบบทดสอบวัดความสามารถจริง	51
วิธีกำหนดระดับคะแนนแบบ Rubric	52
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	54

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
3 วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	63
การกำหนดประชากรและการเลือกกลุ่มตัวอย่าง	63
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า	64
การเก็บรวบรวมข้อมูล	89
การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล	90
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	94
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	94
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	95
5 สรุป อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	111
สังเขปความมุ่งหมาย สมมติฐาน และวิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	111
สรุปผลการศึกษาค้นคว้า	113
อภิปรายผล	115
ข้อเสนอแนะ	118
บรรณานุกรม	120
ภาคผนวก	131
ประวัติย่อผู้วิจัย	179

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	จำนวนนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง	63
2	แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 1	77
3	แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 2	77
4	ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนของแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 1 จากการทดสอบครั้งที่ 1	96
5	ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนของแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 2 จากการทดสอบครั้งที่ 1	98
6	ค่าความยากและอำนาจจำแนกของข้อสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 1 จากการทดสอบครั้งที่ 1 จำนวนผู้สอบ 32 คน.....	100
7	ค่าความยากและอำนาจจำแนกของข้อสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 2 จากการทดสอบครั้งที่ 1 จำนวนผู้สอบ 32 คน.....	101
8	ค่าความยากและอำนาจจำแนกของข้อสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 1 จากการทดสอบครั้งที่ 2 จำนวนผู้สอบ 60 คน.....	102
9	ค่าความยากและอำนาจจำแนกของข้อสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 2 จากการทดสอบครั้งที่ 2 จำนวนผู้สอบ 60 คน.....	103
10	ค่าสถิติพื้นฐานและค่าความเชื่อมั่นของคะแนนของแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 1 จากการทดสอบครั้งที่ 2.....	104
11	ค่าสถิติพื้นฐานและค่าความเชื่อมั่นของคะแนนของแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 2 จากการทดสอบครั้งที่ 2.....	106
12	ค่าความเที่ยงตรงตามโครงสร้างของแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยวิธี Multitrait Multimethod จากจำนวนผู้สอบ 60 คน....	108

บัญชีตาราง (ต่อ)

ตาราง

หน้า

13	ค่าความเที่ยงตรงตามโครงสร้างของแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของแต่ละทักษะ และทั้งฉบับ ด้วยวิธีหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายใน จากจำนวนผู้สอบ 60 คน	110
----	--	-----

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ

หน้า

1 ลำดับชั้นในการสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์	66
--	----

บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

วิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาหนึ่งซึ่งมีบทบาทสำคัญ และมีประโยชน์ต่อมนุษย์อย่างยิ่ง และวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ผู้เรียนต้องเรียนทั้งเนื้อหาและวิธีการทางวิทยาศาสตร์ด้วย ฉะนั้น วิชาวิทยาศาสตร์จึงเน้นทักษะที่เกิดกับเด็กเป็นส่วนใหญ่ คือ เด็กต้องรู้จักคิด รู้จักสังเกต รู้จัก แก้ไขปัญหาเป็นสำคัญ ซึ่งการที่เด็กจะคิดเป็น สังเกตเป็น แก้ไขปัญหาเป็น จำเป็นต้องมีทักษะ ที่เรียกว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายในการสอนวิทยาศาสตร์ ระดับมัธยมศึกษา ที่เน้นถึงการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านเห็นว่า การจัดการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ ควรเน้น การฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science Process Skills) มากกว่าการสอนตัวเนื้อหา ความรู้ซึ่งเป็นผลิตผลจากกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังเช่น ซันด์และโทรบริดจ์ (Sund and Trowbridge. 1967 : 93 – 95) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่ควร พิจารณาให้เกิดขึ้นแก่ผู้เรียนมี 5 ทักษะ ต่อมา เลวิส (Lewis. 1964 : 271 – 282) กล่าวว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยทักษะต่าง ๆ 13 ทักษะ ส่วน แอล ดี คลอฟเฟอร์ ได้จำแนกพฤติกรรมในการเรียนรู้สำหรับวิชาวิทยาศาสตร์ไว้ โดยเฉพาะขั้นตอนกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์แบ่งไว้ 4 ขั้นใหญ่ แยกเป็นทักษะย่อย 21 ทักษะ (Bloom and others. 1972 : 562 – 563) ส่วนสมาคมเพื่อการพัฒนาทางวิทยาศาสตร์ของสหรัฐอเมริกา หรือ AAAS (The American Association for the Advancement of Science. 1970 : 33 – 176) ได้แบ่ง ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 13 ทักษะ โดยแบ่งเป็นทักษะเบื้องต้น 8 ทักษะ ทักษะขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ สำหรับในประเทศไทย พจน์ สะเพียรชัย (2517 : 49 – 51) กล่าวว่า ทักษะที่จำเป็นและควรปลูกฝังให้เกิดขึ้นกับนักเรียนมี 9 ทักษะ สำหรับสถาบันส่งเสริม การสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524 : 1 – 16) ได้กำหนดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ไว้ 13 ทักษะ ตามแนวของสมาคม AAAS

เนื่องจากจุดมุ่งหมายของหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา เน้นการฝึกทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างเด่นชัด ดังนั้นเด็กนักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนต้น ควร

ได้รับการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เหล่านี้ เพื่อให้เกิดการเรียนรู้จนกลายเป็นทักษะทางสติปัญญา (Intellectual Skills) ซึ่งเป็นสมรรถภาพพื้นฐานสำคัญของการเรียนรู้ (จำนง พรายแย้มแซ. 2529 : 39) จากผลการวิจัยที่ผ่านมาได้ยืนยันว่า การพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดขึ้นในตัวนักเรียนเป็นสิ่งจำเป็นมาก เพราะนักเรียนสามารถนำทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ได้อย่างเหมาะสมกับสิ่งที่ต้องการศึกษา หรือปัญหาที่ต้องการแก้ รวมทั้งการแสวงหาความรู้ในสาขาวิชาอื่น ๆ อีกด้วย และจากผลการวิจัยของ ประดิษฐ์ สนั่นเอื้อ (2527 : 63 – 66) พบว่า นักเรียนที่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงจะมีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ดีกว่านักเรียนที่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่ำ และนอกจากนี้ ผลการวิจัยของ น้อยทิพย์ ศัตรศาสตร์ (2522 : 75 – 75) พบว่า นักเรียนที่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูง จะมีความสามารถในการแก้ปัญหาและมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ดีกว่านักเรียนที่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่ำ แต่จากการศึกษา พบว่า การประเมินผลด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ส่วนใหญ่จะประเมินด้านความรู้มากกว่าการปฏิบัติ ซึ่งไม่สอดคล้องกับลักษณะของวิชา เพราะวิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ว่าด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้อันเกิดจากการฝึกฝน และได้ปฏิบัติจริงโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์อย่างเป็นระบบ เป็นเหตุให้ไม่สามารถตัดสินได้ว่า นักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับใด ควรต้องปรับปรุงข้อบกพร่องของนักเรียนในทักษะใดบ้าง (นิเชต สุนทรพิทักษ์. 2533 : 31) ซึ่งวิธีการวัดผลที่นิยมใช้ข้อสอบหรือแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ในการตัดสินผลการเรียน โดยไม่ได้คำนึงถึงจุดมุ่งหมายวิชาและการนำวิชานั้น ๆ ไปใช้ ย่อมไม่เหมาะสม โดยเฉพาะการเรียนการสอนทางด้านปฏิบัติที่ต้องการให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ปฏิบัติมากกว่าการท่องจำได้ หรือเข้าใจตามทฤษฎีต่าง ๆ เท่านั้น โดยมีได้ทำการปฏิบัติจริง ดังนั้นในการสอบวัด ควรจะให้ครอบคลุมพฤติกรรมทั้งในด้านความรู้ ความคิด ความรู้สึก และการปฏิบัติ (อนันต์ ศรีโสภณ. 2520 : 1)

จากที่กล่าวมาข้างต้นการวัดภาคปฏิบัติ จึงเป็นการวัดด้านหนึ่งที่จำเป็น ซึ่งการตรวจสอบการปฏิบัติต้องอาศัยการประเมินที่มีความเชื่อถือได้ ปัจจุบันเครื่องมือวัดดังกล่าวในประเทศไทยที่เป็นมาตรฐานยังมีน้อยมาก จึงน่าที่จะศึกษาหาทางปรับปรุงและพัฒนาเครื่องมือวัดด้านนี้ ให้มีคุณภาพและมีมาตรฐานยิ่งขึ้น

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติ วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของจังหวัดราชบุรี เพื่อให้มีเครื่องมือในการวัดและประเมินผลทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่มีความเชื่อมั่น และมีความเที่ยงตรงในการตัดสินใจหรือบ่งชี้ความสามารถของนักเรียน และวางแผนในการพัฒนาการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากยิ่งขึ้น

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดความมุ่งหมายไว้ ดังนี้

1. เพื่อสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
2. เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบภาคปฏิบัติที่สร้างขึ้นในเรื่องความเที่ยงตรง ความง่ายง่าย อำนาจจำแนกและความเชื่อมั่น

ความสำคัญของการวิจัย

จากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ทำให้ได้แบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่มีคุณภาพ สามารถนำไปใช้ในการวัดและประเมินผลการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ และเป็นแนวทางในการสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติในวิชาอื่น ๆ ให้มีคุณภาพต่อไป

ขอบเขตของการวิจัย

ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการวิจัย

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2543 ของโรงเรียนหนองโพวิทยา จังหวัดราชบุรี จำนวน 4 ห้องเรียน มีนักเรียนทั้งหมด 128 คน

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2543 ของโรงเรียนหนองโพวิทยา จังหวัดราชบุรี จำนวน 2 ห้องเรียน มีนักเรียนทั้งหมด 60 คน ซึ่งเลือกมาโดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) มีห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม (Sampling Unit)

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. แบบทดสอบภาคปฏิบัติ หมายถึง แบบทดสอบที่ให้ผู้สอบปฏิบัติหรือแสดงพฤติกรรมจากสถานการณ์ที่กำหนดให้

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมของความสามารถที่เกิดจากการปฏิบัติ และการฝึกฝนความนึกคิดอย่างมีระบบทางด้านวิทยาศาสตร์ โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 13 ประการ ที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กำหนดขึ้น ได้แก่

2.1 ทักษะการสังเกต หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ หู ตา จมูก ลิ้นและผิวหนังเข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุ หรือเหตุการณ์ โดยมีจุดประสงค์ที่จะหาข้อมูล ซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้น โดยไม่ใส่ความคิดเห็นของผู้สังเกต

2.2 ทักษะการวัด หมายถึง การเลือกใช้เครื่องมือและการใช้เครื่องมือนั้น ทำการวัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมกับสิ่งที่วัด แสดงวิธีการใช้เครื่องมืออย่างถูกต้อง พร้อมทั้งบอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือ รวมทั้งระบุหน่วยของตัวเลขที่ได้จากการวัดได้

2.3 ทักษะการคำนวณ หมายถึง ความสามารถในการนำค่าที่ได้จากการวัดและนับมาจัดการทำให้เกิดค่าใหม่ โดยการนำตัวเลขมาบวก ลบ คูณ หาร และหาค่าเฉลี่ย

2.4 ทักษะการจำแนก หมายถึง การแบ่งพวกหรือเรียงลำดับวัตถุ หรือสิ่งของที่อยู่ในปรากฏการณ์โดยมีเกณฑ์ เกณฑ์ดังกล่าวอาจจะใช้ความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์อย่างหนึ่งอย่างใดก็ได้

2.5 ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปสและสเปสกับเวลา หมายถึง ความสามารถในการหาความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ 3 มิติ กับวัตถุ 2 มิติ ระหว่างตำแหน่งของที่อยู่ และเป็นความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือความสัมพันธ์ของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา

2.6 ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำเสียใหม่โดยการหาความถี่ เรียงลำดับ จัดแยกประเภท หรือคำนวณหาค่าใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนี้ดีขึ้น

2.7 ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล หมายถึง การเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย

2.8 ทักษะการพยากรณ์ หมายถึง การสรุปคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทดลอง โดยอาศัยประสบการณ์ที่เกิดขึ้น นำหลักการ กฎหรือทฤษฎีที่มีอยู่แล้วในเรื่องนั้น ๆ มาช่วยในการลงสรุป

2.9 ทักษะการตั้งสมมติฐาน หมายถึง การคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทำการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ ประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐานของคำตอบ

2.10 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องการควบคุมในสมมติฐานหนึ่ง ๆ

2.11 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปจากข้อมูล

ทักษะการตีความ หมายถึง การแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะข้อมูลที่มีอยู่ และทักษะการลงสรุปจากข้อมูล หมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

2.12 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่าง ๆ ให้เข้าใจตรงกัน และสามารถสังเกตและวัดได้

2.13 ทักษะการทดลอง หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบ หรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ใน การทดลองจะประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ

2.13.1 การออกแบบการทดลอง

2.13.2 การปฏิบัติการทดลอง

2.13.3 การบันทึกผลการทดลอง

3. แบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น โดยผู้สอบลงมือปฏิบัติและเขียนตอบผลจากการปฏิบัตินั้น ๆ โดยมีเครื่องมือการตรวจให้คะแนนการปฏิบัติด้วยการกำหนดระดับคะแนนแบบรูบริก (Rubric Score) ซึ่งผู้ประเมินจะใช้พิจารณาพฤติกรรมต่าง ๆ ตามที่นักเรียนปฏิบัติตามเกณฑ์การให้คะแนน โดยมีค่าคะแนนเป็น 4, 3, 2, 1 และ 0 ตามที่กำหนดไว้

4. ผู้เชี่ยวชาญ หมายถึง ผู้ที่มีวุฒิน้อยปริญญาโท สาขาวัดผลการศึกษ จำนวน 2 คน และครูผู้สอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีประสบการณ์ในการสอนมาไม่ต่ำกว่า 5 ปี จำนวน 3 คน

5. คุณภาพของแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง คุณสมบัติของแบบทดสอบ ซึ่งได้แก่ ค่าความเที่ยงตรง ค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

5.1 ความเที่ยงตรงของแบบทดสอบ (Validity) หมายถึง ความสามารถของแบบทดสอบที่สามารถวัดในสิ่งที่ต้องการวัดได้อย่างถูกต้อง ในการวิจัยครั้งนี้หาความเที่ยงตรงได้ 2 วิธี คือ

5.1.1 ความเที่ยงตรงเชิงพินิจ (Face Validity) หมายถึง แบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่วัดตรงตามเนื้อหาที่ต้องการวัด และครอบคลุมเนื้อหาที่ต้องการวัดตามทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญเป็นผู้พิจารณา

5.1.2 ความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Validity) หมายถึง ความสามารถของแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่วัดได้ตรงตามคุณลักษณะที่กำหนดไว้ ซึ่งสามารถหาได้จากการหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนจากแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กับคะแนนจากแบบทดสอบ (ข้อเขียน) วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะ ของ รองศาสตราจารย์ ดร.ส. วาสนาประवालพฤษ โดยวิธี Multitrait - Multimethod

5.2 ความยากของข้อสอบ (Difficulty) หมายถึง สัดส่วนของคะแนนจากคะแนนเต็มที่นักเรียนตอบข้อสอบแต่ละข้อ ค่าความยากง่าย โดยใช้เทคนิค 25% ของการจำแนกกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ แล้วคำนวณหาด้วยสูตรค่าความยากของ วิทเนย์ และซาเบอร์ (Whitney and Sabers)

5.3 อำนาจจำแนกของข้อสอบ (Discrimination) หมายถึง ข้อคำถามนั้นสามารถแบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อนออกจากกันได้ถูกต้อง โดยคำนวณหาค่าอำนาจจำแนกรายข้อโดยเทคนิค 25% ของการจำแนกกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ แล้วคำนวณหาด้วยสูตรของวิทเนย์และซาเบอร์ (Whitney and Sabers)

5.4 ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ (Reliability) หมายถึง คุณสมบัติของแบบทดสอบที่สามารถวัดความสามารถในการวัดการปฏิบัติทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้คงที่แน่นอน ซึ่งแบ่งออกเป็น

5.4.1 ความเชื่อมั่นของแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งประมาณค่าจากการใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ซึ่งแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 2 ฉบับ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนั้น ผู้วิจัยกำหนดให้แบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับนั้นต้องมีเกณฑ์ความเชื่อมั่นเป็น 0.7 ขึ้นไป

5.5 ความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน ซึ่งประมาณค่าจากการหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนที่ได้จากการประเมินโดยผู้ประเมิน 2 คน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้า แยกตามหัวข้อได้ดังนี้

1. ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
2. เอกสารที่เกี่ยวข้องกับประเภทและลักษณะของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
3. ความหมายของแบบทดสอบภาคปฏิบัติ
4. ชนิดของแบบทดสอบภาคปฏิบัติ
5. การสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติ
6. ความหมายของการประเมินผลจากสภาพจริง
7. แบบทดสอบวัดความสามารถจริง
8. วิธีกำหนดระดับคะแนนแบบ Rubric
9. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

การใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ค้นหาคำตอบ ต้องอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะ ในการหาความรู้หรือทักษะกระบวนการแก้ปัญหา ซึ่งมีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

เนย์ และคนอื่น ๆ (Nay and others. 1971 : 201 – 203) ได้กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นลำดับกิจกรรม หรือลำดับการปฏิบัติการ ซึ่งกระทำโดยนักวิทยาศาสตร์เพื่อที่จะศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติ โดยมีกระบวนการต่าง ๆ ในการจัดเรียงลำดับขั้นตอนการทำงาน

คروฟเฟอร์ (Klopfer. 1974 : 568 – 573) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่ใช้ในการสืบเสาะหาความรู้ในทางวิทยาศาสตร์

โรบินสัน (Robinson. 1974 : 48) ได้แบ่งส่วนประกอบของวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ส่วนใหญ่ ๆ คือ ส่วนที่เป็นตัวความรู้ทางวิทยาศาสตร์ อันได้แก่ ความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริง ทฤษฎี และกฎต่าง ๆ และส่วนที่เป็นกระบวนการ ซึ่งเป็นวิธีที่ใช้ในการแสวงหาความรู้

แอนเดอร์สัน (Anderson. 1978 : 48) ได้กล่าวถึงกระบวนการนี้เป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแสวงหาความรู้ ความหมายที่สำคัญของกระบวนการ คือ วิธีทางของกระบวนการในการหาความรู้ กระบวนการนี้จะเกิดสลับซับซ้อนในแต่ละบุคคล ทำให้เกิดพัฒนาการทางด้านสติปัญญา

สัวัมภ์ นิยมคำ (2521 : 34) ได้ให้ความหมายทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นกระบวนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ เพื่อการค้นหาคำตอบของปัญหา

พจน์ สะเพียรชัย (2517 : 49) กล่าวว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ พฤติกรรมของคนที่แสดงออกถึงความสามารถในด้านทักษะการสังเกต การวัดการบันทึกข้อมูล และสื่อความหมาย การจัดกระทำกับข้อมูล การแปลความหมายข้อมูลและลงสรุป การสร้างสมมติฐาน การออกแบบและการดำเนินการทดลอง การคำนวณ และการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติ

ประหยัด จันทรชมภู และประสพสันต์ อักษรมัต (2518 : 23) ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง ความคล่องแคล่วชำนาญในการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งหมายถึงทักษะในการทำหรือการใช้เครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ และทักษะในการแก้ปัญหาหรือขบปัญหาซึ่งเป็นทักษะในเชิงปัญหา

สสวท. (2518 : 123) กล่าวว่า วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่มีกฎเกณฑ์และระเบียบวิธีการศึกษาวิชาวิทยาศาสตร์ต้องมีการค้นคว้าทดลอง เพื่อหาข้อเท็จจริงและพิสูจน์กฎเกณฑ์บางอย่าง วิธีการศึกษาจึงเปรียบเสมือนเครื่องมือที่จะใช้ในการศึกษาค้นคว้าให้ได้ข้อสรุปจากการทดลอง วิทยาศาสตร์จึงไม่เพียงแต่เป็นแหล่งสะสมความรู้เท่านั้น แต่ยังรวมถึงวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา และทำให้เกิดความงอกงามทางสติปัญญาอีกด้วย ในขณะที่ทำการค้นคว้า ผู้ทำการทดลองย่อมมีโอกาสฝึกฝนทั้งในด้านการปฏิบัติ และการฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบเหล่านี้ เรียกว่า “ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์”

โชติ เพชรชื่น (2527 : 16) ได้ให้ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง ความชำนาญ ความคล่องแคล่วในการคิดและปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ พฤติกรรมที่อาจสังเกตเห็นได้ เช่น การสังเกต การเลือกเครื่องมือ การประมาณค่า การหาข้อยุติอย่างมีหลักเกณฑ์

จากความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่บุคคลต่าง ๆ กล่าวพอสรุปได้ว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่แสดงถึงความชำนาญในทักษะต่าง ๆ ด้านวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต การวัด การคำนวณ การจำแนกประเภท การจัดกระทำข้อมูล การสรุปข้อคิดเห็นจากข้อมูล การพยากรณ์ การกำหนดนิยาม การกำหนดตัวแปร การทดลอง และการตีความหมายข้อมูล ลงสรุป

เอกสารที่เกี่ยวข้องกับประเภทและลักษณะของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้ประชุมผู้เชี่ยวชาญ และตกลงใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 9 ทักษะ ดังนี้

1. ทักษะการสังเกต
2. ทักษะในการเลือกใช้เครื่องมือ
3. ทักษะในการบันทึกข้อมูลและสื่อความหมาย
4. ทักษะในการจัดกระทำข้อมูล
5. ทักษะในการแปลความหมายและสรุป
6. ทักษะในการสร้างสมมติฐาน
7. ทักษะในการออกแบบการทดลอง
8. ทักษะในการคิดคำนวณ
9. ทักษะในการหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติ

(สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2524 : 8 – 9)

ต่อมา สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524 : 1 – 17) ได้รวบรวมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของสมาคม เพื่อความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ ของสหรัฐอเมริกา (American Association for the Advancement of Science หรือ AAAS) มาปรับปรุงภาษาให้เหมาะสม ซึ่งแบ่งลักษณะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 13 ทักษะ จัดเป็น 2 ประเภท ดังนี้

ก. ทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐาน (Basic Process Skills) จำนวน 8 ทักษะ ประกอบด้วย

1. ทักษะการสังเกต
 2. ทักษะการวัด
 3. ทักษะการคำนวณ
 4. ทักษะการจำแนกประเภท
 5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส และสเปกกับเวลา
 6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
 7. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล
 8. ทักษะการพยากรณ์
- ข. ทักษะกระบวนการขั้นบูรณาการ (Integrated Process Skills) จำนวน 5 ทักษะ
9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน
 10. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร
 11. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงสรุปข้อมูล
 12. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ
 13. ทักษะการทดลอง

ทักษะการสังเกต

ธงชัย ชิวปรีชา และทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2525 : 60) และสมจิต สอนธนไพบุลย์ (2526 : 91) ได้ให้ความหมายของการสังเกตว่า การสังเกตเป็นการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง ได้แก่ การดู การฟัง การสัมผัส การดม และการชิม เพื่อรับรู้ข้อมูลหรือคุณสมบัติต่าง ๆ ของสิ่งที่สังเกต ในการสังเกตจะต้องจับ ลูบ กด เขย่า ตม ฯลฯ เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับวัตถุที่สังเกตให้มากที่สุด การสังเกตมิใช่เกิดจากการดูเพียงอย่างเดียวและข้อที่จะต้องระมัดระวัง คือการเลือกใช้ประสาทสัมผัสใดสังเกต จะต้องแน่ใจว่าวัตถุนั้นไม่เป็นพิษหรือมีอันตราย เช่น ไม่ชิมสารหรือวัตถุใด ๆ เป็นอันตราย ถ้าไม่ทราบวัตถุหรือสารนั้นเป็นพิษหรือหรือไม่ และในการชิมนั้น จะใช้สารหรือวัตถุปริมาณเพียงเล็กน้อยแตะที่ลิ้น

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524 : 1) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการสังเกตว่า การสังเกต หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือเหตุการณ์

โดยมีจุดประสงค์ที่จะหาข้อมูล ซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้น ๆ โดยไม่ใส่ความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไป และข้อมูลที่ได้จากการสังเกต แบ่งได้ 3 อย่าง คือ ข้อมูลเชิงลักษณะของสมบัติ ข้อมูลเชิงปริมาณ (โดยการกะประมาณ) และข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง ซึ่งสอดคล้องกับ ทบวงมหาวิทยาลัย (2525 : 59 – 60) ที่ได้ให้ความหมายของการสังเกต หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง รวมทั้งการใช้เครื่องมือเข้าช่วยประสาทสัมผัส เพื่อให้ได้ข้อมูลทางวัตถุหรือปรากฏการณ์นั้น ๆ โดยไม่ใส่ความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไปด้วย เพราะการลงความคิดเห็นของผู้สังเกต เป็นการอธิบายหรือแปลความหมายของสิ่งที่สังเกตได้ โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมร่วมด้วย ตัวอย่างเช่น เราสังเกต พบว่ามีน้ำนองบนถนน เราจึงลงความคิดเห็นจากข้อมูลที่สังเกตได้ว่า ฝนตก ขณะเดียวกับคนอื่น ๆ ที่สังเกตได้ข้อมูล เช่นเดียวกับเรา อาจลงความคิดเห็นแตกต่างออกไป เช่น คงเป็นเพราะมีคนล้างรถตรงนั้น มีรถมาทำความสะอาดถนน เป็นต้น จะเห็นว่าถ้าไม่มีใครอยู่ในเหตุการณ์ขณะถนนเปียกแล้ว สิ่งที่ทุกคนลงความคิดเห็นจากข้อมูล ก็อาจเป็นได้ทั้งสิ้น

ดังนั้น ในการสังเกตต้องระมัดระวังอย่านำความคิดเห็นส่วนตัวไปปนกับข้อเท็จจริงที่ได้จากการสังเกตเป็นอันขาด เพราะการลงความคิดเห็นของเราในสิ่งที่สังเกตอาจจะผิดก็ได้ ถ้าอยากรู้ว่าข้อมูลที่บันทึกนั้นเกิดจากการสังเกตหรือไม่ ต้องถามตัวเองว่าข้อมูลที่ได้นั้น ได้มาจากการใช้ประสาทสัมผัสส่วนไหน ตา หู จมูก ลิ้น ผิวกาย หรือเปล่า ถ้าตอบคำถามว่าใช่ แสดงว่าเป็นการสังเกต ถ้าตอบว่าไม่ใช่เป็นการลงความคิดเห็นจากข้อมูล

ไวซ์ (Weisz. 1965 : 11) กล่าวว่า “วิทยาศาสตร์เริ่มต้นที่การสังเกต ถ้าปราศจากการสังเกตแล้ว วิทยาศาสตร์ก็จะมี” เช่นเดียวกับ ไตรจแคจ (Trojack. 1979 : 81) ที่กล่าวว่า “งานวิทยาศาสตร์ทั้งหมดสร้างขึ้นมาจากทักษะการสังเกตข้อมูลของวัตถุ เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ทั้งหลาย ที่ได้จากการสังเกต ถ้าปราศจากข้อมูลแล้วงานวิทยาศาสตร์ก็จะดำเนินต่อไปไม่ได้”

สุวัณณ์ นิยมคำ (2531 : 168 – 171) ได้ให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับสิ่งที่สังเกตไว้ 4 ลักษณะ คือ การสังเกตเชิงคุณลักษณะ การสังเกตเชิงปริมาณ การสังเกตเชิงเปรียบเทียบและการสังเกตการเปลี่ยนแปลง

1. การสังเกตเชิงลักษณะ (Qualitative Observation) ต้องการให้นักเรียนบอกรูปร่างลักษณะ และคุณสมบัติประจำตัวของที่สังเกตโดยไม่ต้องบอกปริมาณ เช่น บอกสี

กลิ่น รส เสียง และความรู้สึกต่อผิวกาย ในการบอกลักษณะ ควรจะใช้ประสาทสัมผัสหลายอย่าง ให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ และควรฝึกให้นักเรียนระบุด้วยว่า ข้อมูลส่วนนั้นได้มาจากประสาทสัมผัสส่วนไหน เช่น

รูปร่าง (เป็นอย่างไร)...	ได้มาจากประสาทสัมผัสอะไร...
สี (อะไร)...	ได้มาจากประสาทสัมผัสอะไร...
กลิ่น (เป็นอย่างไร)...	ได้มาจากประสาทสัมผัสอะไร...

2. การสังเกตเชิงปริมาณ (Quantitative Observation) การสังเกตเชิงคุณลักษณะทำให้ทราบแต่เพียงรูปร่าง ลักษณะทั่วไปเป็นอย่างไร แต่ไม่ตอบคำถามว่า “เท่าไร” การสังเกตเชิงปริมาณจะตอบคำถามนี้ได้ เช่น ลูกแมว 3 ตัว เป็นต้น การบอกปริมาณจะเกี่ยวข้องกับ ความยาว น้ำหนัก ปริมาตร และค่าต่าง ๆ ที่เป็นตัวเลข

3. การสังเกตเชิงเปรียบเทียบ (Comparative Observation) หมายถึง การสังเกตเชิงเปรียบเทียบจะไม่บอกคุณลักษณะ หรือปริมาณโดยตรง จะบอกแต่เพียงว่าสิ่งนี้เมื่อเทียบกับสิ่งนั้น แล้วเป็นอย่างไร เช่น มะพร้าวลูกนี้หนักกว่ามะพร้าวลูกนั้น หรือเสาสูงประมาณตึก 3 ชั้น เป็นต้น

4. การสังเกตการเปลี่ยนแปลง (Observation of Changes) ข้อมูลจากการสังเกตจะละเอียดชัดเจนยิ่งขึ้น ถ้ามีข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงรวมอยู่ด้วย เช่น เกษตรกรจะสังเกตการเจริญเติบโตของต้นไม้เนื่องจากการใช้ปุ๋ย แล้วทำการบันทึกการเปลี่ยนแปลงของต้นไม้ไว้ นอกจากนี้การสังเกตการเปลี่ยนแปลงบางอย่างสามารถกระทำได้ด้วยการทดลอง ซึ่งจะต้องมีการสังเกตอย่างน้อย 2 ระยะขึ้นไป ระยะแรก เป็นการสังเกตในสภาพเดิม คือ ก่อนการทดลอง ระยะที่สอง เป็นการสังเกตภายหลังการทดลอง หรือการสังเกตขณะทำการทดลอง ได้เริ่มขึ้นแล้ว เพื่อหาข้อมูลว่ามีอะไรเกิดขึ้นบ้างต้องสังเกตเชิงคุณลักษณะและเชิงปริมาณเพื่อนำข้อมูลทั้ง 2 ระยะไปเปรียบเทียบกัน ก็จะรู้ว่าอะไรบ้าง

คาร์ตไรท์ และคาร์ตไรท์ (Carwright and Cartwright. 1974 : 3) ได้ให้ข้อแนะนำในการสังเกตจะต้องมีการบันทึกผลการสังเกตไว้เป็นหลักฐาน สำหรับอ้างอิงหรือยืนยันต่อไป และการบันทึกการสังเกตจะต้องบันทึกไปพร้อม ๆ กับการสังเกต บันทึกตามความเป็นจริง บันทึกเฉพาะสิ่งที่ผ่านเข้ามาทางประสาทสัมผัสทั้งห้าเท่านั้น โดยไม่ใส่ความคิดเห็นหรือตีความหมายข้อมูลลงไปเป็นอันขาดพึงระลึกไว้เสมอว่าการบันทึกผล เปรียบเสมือนการถ่ายภาพยนตร์

สิ่งที่ปรากฏในฟิล์มนั้น คือของจริงที่มีอยู่ในเหตุการณ์จริง ๆ การดูภาพยนตร์แล้ววิจารณ์เปรียบได้กับการแปลความหมายข้อมูล ซึ่งมีการใส่ความรู้สึกและความคิดเห็นส่วนตัวลงไป

จากผลการวิจัยของ พันธุ์ทิพย์ ทิมสุกใส (2524 : 51 – 52) ซึ่งเปรียบเทียบลักษณะการสังเกตของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 – 4 ของนักเรียนที่เรียนตามโครงการทดลองสอนของ สสวท. กับนักเรียนที่เรียนนอกโครงการทดลองสอนของ สสวท. พบว่า นักเรียนที่เรียนตามโครงการสอนของ สสวท. มีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะการสังเกตสูงกว่านักเรียนที่เรียนนอกโครงการสอนของ สสวท. ซึ่งไม่สอดคล้องกับผลการวิจัยของ นงลักษณ์ เหล่าแสง (2524 : 48) ที่พบว่า นักเรียนตามโครงการสอนของ สสวท. กับนักเรียนที่เรียนนอกโครงการสอนของ สสวท. จะมีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะการสังเกตไม่แตกต่างกันและเพศไม่มีผลต่อทักษะการสังเกต กล่าวคือ นักเรียนชายและนักเรียนจะมีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะการสังเกตไม่แตกต่างกัน ซึ่งในประเด็นนี้สนับสนุนผลการวิจัยของ พันธุ์ทิพย์ ทิมสุกใส ที่พบว่า เพศไม่มีผลต่อทักษะการสังเกตเช่นกัน นอกจากนี้ ระดับชั้นมีผลต่อทักษะการสังเกตแตกต่างกัน จะเห็นได้ว่า จากผลการวิจัยของ พันธุ์ทิพย์ ทิมสุกใส (2524 : 51 – 52) นงลักษณ์ เหล่าแสง (2524 : 46) ซึ่งได้ผลสอดคล้องกัน ดังนั้น นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 มีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะการสังเกตสูงกว่านักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เช่นเดียวกับผลการวิจัยของ เคอร์ (Kaur. 1973 : 186 – A) ที่พบว่า นักเรียนเกรด 3 มีทักษะการสังเกตดีกว่านักเรียนเกรด 1 จากผลการวิจัยดังกล่าว จะเห็นว่าวุฒิภาวะของนักเรียนมีผลต่อทักษะการสังเกต

บาร์ฟูาลดี และไดเอตซ์ (Barufaldi and Dietz. 1975 : 127 – 132) ได้ทำการศึกษาทักษะการสังเกต และทักษะการเปรียบเทียบเพื่อจำแนกประเภทจากของจริง (มองเห็นเป็น 3 มิติ) ภาพถ่ายและภาพวาด (มองเห็น 2 มิติ) โดยทำการศึกษากับเด็กเกรด 1, 2, 4 และ 6 ได้คะแนนจากการจำแนกประเภทจากของจริงมากกว่าจากภาพถ่าย และจากภาพถ่ายมากกว่าภาพวาด แต่เด็กเกรด 2 ได้คะแนนจากการจำแนกประเภทจากภาพวาดมากกว่าภาพถ่าย และจากภาพถ่ายมากกว่าของจริง จากผลการวิจัยดังกล่าว จะเห็นว่า ประเภทของอุปกรณ์มีอิทธิพลต่อการสังเกตและทักษะการจำแนกประเภทของเด็กทุกระดับ

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524 : 1) ได้กำหนดพฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการสังเกตไว้ดังนี้

1. ชีบ่งและบรรยายสมบัติของวัตถุได้ โดยการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง
2. บรรยายสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุได้โดยการกะประมาณ
3. บรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้

จากความหมายของการสังเกตดังกล่าว สรุปได้ว่า การสังเกต หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ หู ตา จมูก ลิ้น และผิวหนัง เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุ หรือเหตุการณ์โดยมีจุดประสงค์ที่จะหาข้อมูลเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้น ๆ โดยไม่ใส่วิเคราะห์ของผู้สังเกตลงไป ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอาจแบ่งได้ 3 อย่าง คือ ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะและสมบัติ ข้อมูลเชิงปริมาณและข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลง การบันทึกการสังเกต ต้องบันทึกตามความเป็นจริง ตรงไปตรงมา รับรู้อย่างไรก็บันทึกไปอย่างนั้น การบันทึกผลที่ดีควรจะทำทันทีในขณะที่กำลังทำการสังเกต การสังเกตเป็นทักษะที่สำคัญและจำเป็นมาก จนอาจกล่าวได้ว่า การสังเกตเป็นบ่อเกิดของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ถ้าปราศจากการสังเกต ความรู้ด้านวิทยาศาสตร์ ตลอดจนวิทยาการต่าง ๆ ก็ยากที่จะเกิดขึ้น

จากผลการวิจัยเกี่ยวกับทักษะการสังเกต พบว่า หลักสูตรการจัดการเรียนการสอน วุฒิภาวะ และประเภทของอุปกรณ์มีผลต่อทักษะการสังเกต กล่าวคือ นักเรียนที่เรียนในโรงเรียนที่ใช้หลักสูตรการเรียนการสอนที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น หลักสูตร ซาปา (Sapa : Science And Process Approach) หรือหลักสูตร สสวท. แนวโน้มนักเรียนจะมีทักษะการสังเกตดีกว่านักเรียนที่อยู่ในชั้นต่ำกว่า แต่เพศไม่มีผลต่อทักษะการสังเกต ไม่ว่าเพศชายหรือหญิง จะมีทักษะการสังเกตไม่แตกต่างกัน

ทักษะการวัด

การวัดเป็นทักษะที่สำคัญอย่างหนึ่งในการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ เพราะลำพังการสังเกตอย่างเดียว ทำให้นักวิทยาศาสตร์ทราบเฉพาะรูปร่าง ลักษณะและคุณสมบัติทั่วๆ ไปของวัตถุเท่านั้น ยังไม่สามารถบอกรายละเอียดที่แน่นอนลงไปได้ ดังที่ คีวิน (ทบทวนมหาวิทยาลัย. 2525 : 62 ; อ้างอิงจาก Kevin. 1979 : 16) กล่าวว่า “เมื่อศึกษาสารหรือวัตถุใดก็ตาม ถ้าไม่สามารถทำการวัดหรือแสดงออกมาเป็นตัวเลขได้ก็แทบจะไม่มีแนวความคิดที่จะนำข้อมูลไปศึกษาเชิงวิทยาศาสตร์ขั้นสูงต่อไปได้” ถึงแม้ว่าการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์บางครั้งอาจ

ไม่จำเป็นต้องทำการวัด เพราะข้อมูลที่ต้องเป็นข้อมูลเชิงคุณภาพอย่างเดียว แต่อย่างไรก็ตาม ข้อความนี้เป็นจริงอยู่มากทีเดียว เพราะสิ่งที่เราสังเกตได้โดยผ่านประสาทสัมผัสของเรานั้น บางครั้งเชื่อถือไม่ได้และไม่ถูกต้อง ดังนั้นนักวิทยาศาสตร์จึงจำเป็นต้องอาศัยเครื่องมือต่าง ๆ ทำการวัดเพื่อให้ได้ข้อมูลที่ถูกต้องควบคู่ไปกับการสังเกต

สุวัณท์ นิยมคำ (2531 : 174 – 176) ได้ให้ความหมายของการวัดว่า การวัด เป็นกระบวนการที่ใช้เครื่องมือสำหรับวัดไปทำการวัดหาปริมาณที่แน่นอนของสิ่งที่เราสังเกต หรือสิ่งที่เราต้องการวัดออกมาเป็นเลขจำนวนที่มีหน่วยเปรียบเทียบได้ และในการวัดจะต้อง ประกอบด้วยองค์ประกอบ 3 อย่าง คือ

1. เครื่องมือที่ใช้วัด เช่น ไม้มัด เครื่องชั่ง ฯลฯ
2. ค่าที่ได้ออกมา เป็นตัวเลขที่แน่นอนไม่ใช้การแปรปรวน
3. ตัวเลขจากการวัดจะต้องเป็นหน่วยเปรียบเทียบกันได้โดยตรง ซึ่งอาจเป็น

หน่วยมาตรฐาน (Standard Unit) เช่น เมตร กรัม ฟุต ปอนด์ หรือหน่วยสมมติ (Arbitrary Unit) เช่น ใช้ความยาวของปากกาวัด หรือความสูงของคนใดคนหนึ่ง เป็นต้น การบอกว่าสิ่งนั้นมีปริมาณมากน้อย ขนาดใหญ่ขนาดเล็ก เหล่านี้ไม่ถือว่าเป็นหน่วยวัด เพราะขาดหน่วยที่จะเปรียบเทียบ

การเลือกใช้เครื่องมือให้ถูกต้องกับสิ่งที่วัดมีความสำคัญมาก เพราะถ้าใช้เครื่องมือไม่เหมาะสมแล้ว ค่าที่ได้จะไม่ถูกต้องแม่นยำตามสภาพที่เป็นจริง ดังนั้นการเลือกใช้เครื่องมือสำหรับวัด ขึ้นอยู่กับรูปร่างของสิ่งที่วัด การเลือกใช้เครื่องมือที่เหมาะสมกับสิ่งที่วัด และ เทคนิคการวัด ซึ่งในการวัดแต่ละครั้งผู้วัดจะต้องถามตัวเอง 4 คำถาม ได้แก่ จะวัดอะไร จะวัดไปทำไม ใช้เครื่องมืออะไรวัด และจะวัดอย่างไร

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524 : 2) และสำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ (2530 : 139) ได้ให้ความหมายของการวัดคล้ายคลึงกันว่า เป็นการเลือกและใช้เครื่องมือสำหรับการวัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอน ได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง โดยมีหน่วยกำกับเสมอ

ในเรื่องหน่วยของการวัด (Units of Measurement) ธงชัย ชิวปรีชา และ ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2525 : 85) ได้ให้ความสำคัญเกี่ยวกับหน่วยของการวัดว่า การวัด ทุกครั้ง จะต้องมียุทธศาสตร์กำกับเสมอ จะพูดลอย ๆ เฉพาะตัวเลขไม่ได้ หน่วยสำหรับวัดนี้ถ้าเป็น

หน่วยที่กำหนดขึ้นเองเรียกว่าหน่วยสมมติ (Arbitrary Unit) เช่น ความยาวของห้องเรียน เท่ากับ 10 ก้าวของด้ายแดง หรือเท่ากับ 20 ดินสอ เป็นต้น แต่หน่วยสมมติจะมีข้อจำกัดและ ข้อบกพร่องอยู่หลายประการ เช่น ขาดความแน่นอน ขนาดไม่ได้มาตรฐาน เป็นหน่วยที่วัดค่าได้ หยาบ ๆ ด้วยเหตุนี้จึงได้มีการคิดหน่วยมาตรฐานขึ้นใช้ เพื่อจะได้สร้างเครื่องมือสำหรับวัดให้ใช้ เปรียบเทียบกันได้ทั่วโลก หรือยอมรับกันโดยทั่วไป หน่วยมาตรฐานที่นิยมใช้มีอยู่ 3 หน่วย คือ หน่วย CGS หน่วย FPS และหน่วย SI

หน่วยมาตรฐานตามระบบ CGS

ระบบ CGS คือระบบ Centimeter - Gram - Second เป็นหน่วยการวัดตาม ระบบเมตริก หรือระบบของฝรั่งเศส

ความยาววัดค่าออกมาเป็น เซนติเมตร

มวลสาร วัดค่าออกมาเป็น กรัม

เวลา วัดค่าออกมาเป็น วินาที

หน่วยมาตรฐานตามระบบ FPS

ระบบ FPS คือระบบ Foot - Pound - Second เป็นหน่วยวัดตามระบบอังกฤษ

ความยาว วัดค่าออกมาเป็น ฟุต

มวลสาร วัดค่าออกมาเป็น ปอนด์

เวลา วัดค่าออกมาเป็น วินาที

หน่วยมาตรฐานตามระบบ SI

หน่วย SI นี้ ปริมาณมูลฐาน 3 อย่าง ใช้ระบบเมตริกเช่นกัน แต่ขนาดหน่วยให้ ใหญ่ขึ้นจาก CGS เป็น MKS คือ Meter - Kilogram - Second

ความยาว วัดค่าออกมาเป็น เมตร

มวลสาร วัดค่าออกมาเป็น กิโลกรัม

เวลา วัดค่าออกมาเป็น นาฬิกา

การวัดปริมาณทั่วโลกนั้น ถ้ามีหลายระบบก็จะก่อให้เกิดความยุ่งยาก ไม่สะดวก ฉะนั้นในวงการวิทยาศาสตร์จึงพยายามที่จะใช้หน่วยมาตรฐานอย่างเดียวกัน ในระยะเริ่มแรก กำหนดใช้มาตรฐานตามระบบ CGS และต่อมาได้มีแนวโน้มที่จะใช้ระบบ SI (System International Units) : เป็นหน่วยสากลใช้ระหว่างประเทศ

นอกจากนี้ สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524 : 2) ยังได้กำหนดพฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการวัด ดังนี้

1. เลือกเครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่วัด
2. บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัดได้
3. บอกวิธีวัดและวิธีใช้เครื่องมือวัดได้ถูกต้อง
4. ทำการวัดความกว้าง ความยาว ความสูง อุณหภูมิ ปริมาตร น้ำหนัก และอื่น ๆ ได้ถูกต้อง
5. ระบุหน่วยของตัวเลขที่ได้จากการวัดได้

สรุปได้ว่า การวัด หมายถึง การเลือกและใช้เครื่องมือ ทำการวัดหาปริมาณของสิ่งของต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมและถูกต้อง โดยมีหน่วยกำกับเสมอ ซึ่งหน่วยสำหรับวัดนี้ ถ้าเป็นหน่วยที่เรากำหนดขึ้นเอง เรียกว่า หน่วยสมมติ (Arbitrary Unit) แต่ถ้าเป็นหน่วยที่ใช้กันทั่วโลกหรือยอมรับกันทั่วไป เรียกว่า หน่วยมาตรฐาน (Standard Unit)

เนื่องจากหน่วยสมมติเป็นหน่วยที่ขาดความแน่นอน วัดค่าได้หยاب ๆ จึงมีการคิดหน่วยมาตรฐานขึ้นใช้ เพื่อจะได้เครื่องมือสำหรับวัดให้ใช้เปรียบเทียบกันทั่วโลก หรือยอมรับกันโดยทั่วไป ซึ่งหน่วยมาตรฐานที่นิยมใช้มี 3 หน่วย คือ หน่วย CGS หน่วย FPS และหน่วย SI

ทักษะการคำนวณ

มีคำกล่าวว่า คณิตศาสตร์ เป็นเครื่องมือของวิทยาศาสตร์ เพราะความรู้ทางวิทยาศาสตร์ทุกสาขาจะเกี่ยวกับตัวเลขและการคำนวณทั้งสิ้น ถ้าขาดความรู้คณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ก็จะไม่ก้าวหน้า การจะพามนุษย์อวกาศไปลงบนดวงจันทร์ก็ทำไม่ได้ ถ้ามนุษย์ไม่สามารถคำนวณระยะทางจากโลกไปดวงจันทร์ และคำนวณตำแหน่งต่าง ๆ ของดวงจันทร์ โดยสัมพันธ์กับการเคลื่อนที่ของโลกได้ (สวัมภ์ นิยมคำ. 2531 : 179)

ทบวงมหาวิทยาลัย (2525 : 63) ได้ให้ความหมายของการคำนวณว่า หมายถึง การนำค่าที่ได้จากการสังเกตเชิงปริมาณ การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำให้เกิดค่าใหม่ โดยการนับ บวก ลบ คูณ หาร และหาค่าเฉลี่ย ยกกำลังสอง หรือถอดราก เป็นต้น เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความหมายในการแปลความหมายหรือสรุปผลต่อไป

ทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ และธงชัย ชิวปรีชา (2525 : 128) ได้ให้ความหมายของการคำนวณว่า หมายถึง การใช้ความรู้ทางคณิตศาสตร์ เช่น การบวก ลบ คูณ หาร การแก้สมการ การหาค่าเฉลี่ย การเขียนกราฟ ฯลฯ มาใช้แก้ปัญหาหรือช่วยในการค้นคว้าได้อย่างเหมาะสม

สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ (2530 : 17) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการคำนวณว่า หมายถึง กระบวนการขั้นหนึ่งที่ใช้อยู่เสมอในการค้นคว้าหาความรู้ ซึ่งเป็นการนำเอาจำนวนมาทำการบวก ลบ คูณ หาร หาค่าเฉลี่ย หรือค่าต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ เพื่อนำผลที่ได้ไปใช้ในการตีความหมาย และลงข้อสรุป หรือใช้ในกระบวนการขั้นอื่น ๆ ต่อไป ซึ่งสอดคล้องกับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ที่ได้ให้ความหมายของการคำนวณว่า หมายถึง การนับจำนวนของวัตถุ และการนำตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้มาคิดคำนวณ โดยการบวก ลบ คูณ หาร หาค่าเฉลี่ย หรืออื่น ๆ นอกจากนี้ยังได้กำหนดพฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการคิดคำนวณไว้ ดังนี้

1. นับจำนวนของสิ่งของได้ถูกต้อง
2. ใช้ตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้
3. บอกวิธีคำนวณ คิดคำนวณ และแสดงวิธีคำนวณได้
4. บอกวิธีหาค่าเฉลี่ย หาค่าเฉลี่ย และแสดงวิธีหาค่าเฉลี่ยได้

จากความหมายของการคำนวณดังกล่าว สรุปได้ว่า การคำนวณ หมายถึง การนำจำนวนที่ได้จากการวัด การสังเกต การทดลอง มาจัดกระทำให้เกิดค่าใหม่ เช่น การนับ การบวก การลบ การคูณ การหาร หาค่าเฉลี่ย ฯลฯ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่มีความหมาย ซึ่งจะนำมาใช้ประโยชน์ในการตีความหมายและลงข้อสรุปต่อไป

ทักษะการจำแนกประเภท

การจำแนกประเภทเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานที่สำคัญอย่างหนึ่งที่นักวิทยาศาสตร์ได้ใช้หลักการจำแนกประเภทไปประกอบในการศึกษาค้นคว้าเป็น

ประจำ เช่น การจัดธาตุที่เป็นหมวดหมู่ในตารางธาตุ เป็นตัวอย่างหนึ่งที่แสดงให้เห็นถึงความพยายามของนักเคมี ในการจัดแบ่งธาตุออกเป็นหมวดหมู่ ซึ่งในปัจจุบันนักเคมีได้ใช้ประโยชน์จากตารางธาตุมากมาย นอกจากนี้การจำแนกประเภทยังนำไปใช้กับสาขาอื่น ๆ และในชีวิตประจำวันได้ มิใช่เฉพาะในวงการวิทยาศาสตร์เท่านั้น เช่น ห้องสมุด ซึ่งจะต้องจัดแบ่งหนังสือออกเป็นหมวดหมู่ เพื่อสะดวกในการค้นหาและหยิบใช้ การจัดตู้เสื้อผ้า การจัดกระเป๋าเดินทาง ฯลฯ สิ่งเหล่านี้ เป็นผลงานจากทักษะการจำแนกประเภททั้งสิ้น

ธงชัย ชิวปรีชา และทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2525 : 69) ได้กล่าวถึงความสำคัญของการจำแนกประเภทว่า เป็นลักษณะหนึ่ง ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ต้องใช้ในการทำงาน แม้แต่ในชีวิตประจำวันของกรรมกรผู้ใช้แรงงาน ก็ยังต้องใช้ทักษะนี้ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่จะต้องปลูกฝังทักษะการจำแนกประเภทให้เกิดขึ้นในตัวเด็ก

สุวัฒน์ นิยมคำ (2531 : 182) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการจำแนกประเภทว่า เป็นกระบวนการที่จะจัดวัตถุ หรือเหตุการณ์ประเภทต่าง ๆ (พวก กลุ่ม หมู่ เหล่า ชนิด สกุล) ตั้งแต่ 2 ประเภทขึ้นไปตามเกณฑ์ที่กำหนดไว้ เกณฑ์ที่ใช้ในการแบ่งนี้ อาจถือตามลักษณะแห่งความเหมือน ความสัมพันธ์ภายในหรือประโยชน์ใช้สอยอย่างใดอย่างหนึ่งเป็นหลัก เช่น ไม้รูปราง ๆ ขนาด พื้นที่ น้ำหนัก สถานะ สี รส กลิ่น คุณสมบัติทางฟิสิกส์ คุณสมบัติทางเคมี เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับทบทวมหาวิทยาลัย (2525 : 66) ที่ได้ให้ความหมายของการจำแนกประเภทว่า เป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้จำแนกสิ่งต่าง ๆ ออกเป็นหมวดหมู่ เพื่อช่วยให้เกิดความสะดวกในการศึกษาและจดจำสิ่งเหล่านี้ โดยอาศัยเกณฑ์บางอย่างในการจำแนกประเภท

สำหรับสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524 : 3) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการจำแนกประเภทว่า หมายถึง การแบ่งพวกหรือเรียงลำดับวัตถุของสิ่งที่มีอยู่ในปรากฏการณ์ โดยมีเกณฑ์ดังกล่าว อาจจะใช้ความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ นอกจากนี้ สสวท. ยังได้กำหนดพฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการจำแนกประเภท ดังนี้

1. เรียงลำดับหรือแบ่งสิ่งของต่าง ๆ จากเกณฑ์ที่ผู้อื่นกำหนดให้
2. เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งของต่าง ๆ จากเกณฑ์ที่กำหนดเอง
3. บอกเกณฑ์ที่ผู้อื่นใช้เรียงลำดับหรือแบ่งพวกได้

จากผลการวิจัยของ โชค ตันศิริ (2514 : 27 – 28) ซึ่งได้ศึกษาถึงพัฒนาการของเด็กนักเรียนสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัด ในด้านการจำแนกสิ่งของโดยอาศัยสี และรูปร่าง พบว่า อายุมีความสัมพันธ์กับเกณฑ์ที่เด็กใช้ในการจำแนก กล่าวคือ นักเรียนอายุ 6 ปี จะจำแนกสิ่งของโดยใช่สีเป็นเกณฑ์ ส่วนเด็กอายุ 7 ปี จะจำแนกสิ่งของโดยใช่สีและรูปร่างเป็นเกณฑ์ไม่ต่างกัน แต่ในอายุ 7 – 12 ปี จะจำแนกสิ่งของโดยใช่รูปร่างเป็นเกณฑ์ ซึ่งสอดคล้องกับศุภชัย ตันศิริ (2520 : 86) และ มุสเซน (Mussen. 1964 : 32) ที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการจับคู่สิ่งของของนักเรียน พบว่า เด็กอายุ 2 – 3 ปี จะจับคู่สิ่งของโดยอาศัยรูปร่าง ส่วนอายุ 3 – 6 ปี จะจับคู่โดยอาศัยสี แต่เมื่ออายุ 6 ปีขึ้นไป จะจับคู่สิ่งของโดยอาศัยรูปร่างอีกครั้งหนึ่ง นอกจากนี้ยังพบว่า พัฒนาการของเด็กชายและเด็กหญิงในการจำแนกสิ่งของโดยอาศัยรูปร่างมากกว่าเด็กชาย ในทางกลับกัน เด็กชายก็มีแนวโน้มในการจำแนกสิ่งของโดยอาศัยสีเป็นเกณฑ์มากกว่าเด็กหญิง ซึ่งไม่ตรงกับผลการวิจัยของ ลี (Lee. 1965 : 245) ที่พบว่า เด็กชายจะจำแนกสิ่งของโดยใช่เกณฑ์รูปร่างมากกว่าสี

สำหรับ ชุคแมน และทรอบาสโก (Suchman and Trabasgo. 1966 : 177 – 178) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความพอใจในการจำแนกสิ่งของ โดยอาศัยสีและรูปร่างของเด็กในทวีปยุโรป ที่มีอายุ 3 – 6 ปี พบว่า เด็กอายุ 3 – 4 ปี จะจำแนกสิ่งของโดยอาศัยสีเป็นเกณฑ์มากกว่ารูปร่าง ส่วนเด็กที่มีอายุมากกว่านี้จะจำแนกสิ่งของโดยใช่รูปร่างเป็นเกณฑ์ ต่อมา ชุคแมน (Suchman. 1966 : 3 – 10) ได้ศึกษาเพิ่มเติมกับเด็กในทวีปแอฟริกา ซึ่งมีอายุ 3 – 15 ปี พบว่า เด็กทุกระดับอายุ จะจำแนกสิ่งของโดยอาศัยสีมากกว่ารูปร่าง จากผลการวิจัยจะเห็นว่าเด็กในทวีปยุโรปซึ่งมีความเจริญด้านอุตสาหกรรม จะสนใจจำแนกสิ่งของโดยใช่เกณฑ์สีและรูปร่าง ส่วนเด็กในทวีปแอฟริกา ซึ่งมีสภาพสังคมล้าหลัง จะสนใจจำแนกสิ่งของโดยใช่เกณฑ์สีอย่างเดียวกัน ยอร์จ และไดเอตซ์ (George and Dietz. 1971 : 277 – 283) พบว่า นักเรียนเกรด 2 และเกรด 3 ทั้งในเมืองและชนบท ซึ่งได้รับการศึกษาในโรงเรียนมากกว่านักเรียนเกรด 1 จะจำแนกหมวด โดยใช้เกณฑ์ความสูงของหมวดมากกว่ารูปร่าง ดังนั้น จะเห็นว่าสภาพแวดล้อมมีอิทธิพลต่อการจำแนกของเด็กเป็นอย่างยิ่ง

เซอเพล (Serpell. 1969 : 1 – 8) ได้ศึกษาเกี่ยวกับพอใจในการจำแนกสิ่งของโดยอาศัยสีและรูปร่าง พบว่า เด็กที่เข้ารับการศึกษานในโรงเรียนจะจำแนกสิ่งของโดยอาศัยรูปร่างเป็นเกณฑ์ตามระดับอายุที่เพิ่มขึ้น ในขณะที่ผู้ไม่ได้รับการศึกษานในโรงเรียนจะจำแนกสิ่งของ

โดยอาศัยสีมากกว่ารูปร่าง ซึ่งไม่สอดคล้องกับงานของวิจัยของยอร์ช และไดเอตซ์ (George and Dietz. 1971 : 277 – 283) ที่ได้ศึกษาการจำแนกประเภทของนักเรียนเกรด 1 – 3 ซึ่งเป็นนักเรียนในเมืองและในชนบท พบว่า นักเรียนเกรด 2 และเกรด 3 ทั้งในเมืองและในชนบท ซึ่งได้รับการศึกษาในโรงเรียนมากกว่านักเรียนเกรด 1 จะจำแนกขวด โดยใช้เกณฑ์ความสูงของเป็นส่วนหนึ่งของรูปร่าง

จากความหมายของการจำแนกประเภทดังกล่าว สรุปได้ว่า การจำแนกประเภทหมายถึง การแบ่งพวก หรือเรียงลำดับของวัตถุ หรือสิ่งที่ปรากฏการณ์โดยมีเกณฑ์ซึ่งอาจจะใช้เกณฑ์ความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งเป็นหลัก เช่น รูปร่าง ขนาด สี รส กลิ่น เป็นต้น

ซึ่งจะเห็นว่า อายุ สภาพแวดล้อม การศึกษามีผลต่อทักษะการจำแนกประเภท กล่าวคือ นักเรียนที่มีอายุมากกว่า อยู่ในสภาพแวดล้อมที่มีความเจริญทางด้านอุตสาหกรรม และได้รับการศึกษาในโรงเรียนจะจำแนกสิ่งของโดยใช้รูปร่างเป็นเกณฑ์มากกว่าใช้สีเป็นเกณฑ์ สำหรับนักเรียนที่มีอายุน้อยกว่า หรืออยู่ในสภาพแวดล้อมที่ยังไม่เจริญ หรือไม่ได้รับการศึกษาในโรงเรียน จะจำแนกประเภทสิ่งของโดยใช้สีเป็นเกณฑ์มากกว่าใช้รูปร่างเป็นเกณฑ์

ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524 : 4) ได้ให้ความหมายของคำว่า สเปสของวัตถุ หมายถึง ที่ว่างของวัตถุนั้นครองที่ ซึ่งจะมีรูปร่างลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปแล้วสเปสของวัตถุนั้นจะมี 3 มิติ คือ ความกว้าง ความยาว และความสูง

การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสของวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติ กับ 2 มิติ ตัวอย่างเช่น เมื่อตัดทรงกระบอกในลักษณะทแยง จะเกิดพื้นที่หน้าตัดเป็นรูปวงรี ถ้าตัดตามขวางจะเกิดเป็นรูปวงกลม ถ้าตัดตามความยาวจะเป็นรูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า และความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง ตัวอย่างเช่น เสาธงอยู่หน้าอาคารเรียนบอกได้ว่า เสาธงอยู่ทางทิศไหนของอาคารเรียน หรืออาคารเรียนอยู่ทางทิศไหนของเสาธง เป็นต้น

ความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับวัตถุกับเวลา ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา ตัวอย่างเช่น เรือลำหนึ่งแล่นด้วยความเร็ว 10 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ไปทางทิศใต้ หรือความสัมพันธ์ระหว่างสเปกของวัตถุที่เปลี่ยนแปลงไปกับเวลา ตัวอย่างเช่น ความสูงของต้นไม้ที่เปลี่ยนไปในเวลา 1 สัปดาห์ เป็นต้น

ดังนั้น ความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับเวลา จึงเป็นความสามารถในการหาความสัมพันธ์ระหว่างรูปร่าง 1 มิติ 2 มิติ และ 3 มิติ รวมทั้งความสามารถในการระบุรูปทรงต่าง ๆ ขนาด ตำแหน่ง และทิศทางการเคลื่อนที่ของวัตถุที่เวลาต่างกัน ซึ่งสิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นพื้นฐานของการศึกษาเรื่องอื่น ๆ เช่น การบอกตำแหน่งและทิศทางของวัตถุเมื่อเทียบกับสิ่งอื่น ๆ การศึกษาความสมมาตรของสัตว์และพืช การศึกษาภาคตัดขวาง และภาคความยาวของเซลล์สิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในวิชาชีววิทยา การศึกษาเกี่ยวกับผลึกของสารต่าง ๆ ในวิชาเคมี สิ่งเหล่านี้ล้วนอาศัยทักษะความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส และสเปกกับเวลาทั้งสิ้น (วรรณทิพา รอดแรงคำ และพิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. 2532 : 96)

นอกจากนี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524 : 4) ยังได้กำหนดพฤติกรรมที่แสดงว่า เกิดทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส และสเปกกับเวลา ดังนี้

1. ชี้นำรูป 2 มิติ และวัตถุ 2 มิติ ที่กำหนดให้ได้
2. วาดรูป 2 มิติ จากวัตถุหรือรูป 3 มิติ ที่กำหนดให้ได้
3. บอกชื่อของรูป และรูปทรงเรขาคณิตได้
4. บอกความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติ กับ 3 มิติได้
 - 4.1 ระบุรูป 3 มิติ ที่เห็นเนื่องจากการหมุนรูป 2 มิติ
 - 4.2 เมื่อเห็นเงา (2 มิติ) ของวัตถุสามารถบอกรูปทรงของวัตถุ (3 มิติ) ที่เป็นต้นกำเนิดของเงา
 - 4.3 เมื่อเห็นวัตถุ (3 มิติ) สามารถบอกเงา (2 มิติ) ที่เกิดขึ้น
 - 4.4 บอกรูปของรอยตัด (2 มิติ) ที่เกิดจากการตัดวัตถุ (3 มิติ) ออกเป็น

2 ส่วน

5. บอกตำแหน่งหรือทิศของวัตถุได้
6. บอกได้ว่าวัตถุหนึ่งอยู่ในตำแหน่งหรือทิศใดของอีกวัตถุหนึ่ง

7. บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระจก และภาพที่ปรากฏในกระจกว่าเป็นซ้ายหรือขวาของกันและกันได้

8. บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาได้

9. บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงขนาด หรือปริมาณของสิ่งของต่าง ๆ กับเวลาได้

จากความหมายของทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส และสเปสกับเวลา สรุปได้ว่า สเปสของวัตถุใด หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครองที่ ซึ่งจะเป็นรูปร่างลักษณะเช่นเดียวกับวัตถุนั้น

ความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปสของวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติ กับ 2 มิติ และความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับอีกวัตถุหนึ่ง

ความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปสของวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่าง 3 มิติ กับ 2 มิติ และความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง

ความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุกับเวลา ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่ของวัตถุกับเวลา หรือความสัมพันธ์ระหว่างสเปสของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา

ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล

การสื่อความหมายเป็นกระบวนการที่มีความสำคัญ ไม่ใช่เฉพาะทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่เป็นกระบวนการที่สำคัญในทุกกิจกรรม การสื่อความหมายที่สั้นแต่แจ่มชัด ครอบคลุม ไม่กำกวมเป็นรากฐานที่สำคัญในทางด้านวิทยาศาสตร์ แนวความคิดหรือผลการค้นคว้าต่าง ๆ จะมีคุณค่าน้อยมาก ถ้าผู้คิดหรือผู้ทดลองค้นคว้าเข้าใจแต่เพียงผู้เดียว แต่ไม่สามารถสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจ หรือปฏิบัติตามได้ (ธงชัย ชิวปรีชา และทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์. 2525 : 146)

สุวัณณ์ นิยมคำ (2531 : 191) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับสื่อความหมายว่าเป็นการนำข้อมูลมาจัดการทำใหม่ เช่น จัดเรียงใหม่ จัดทำเป็นตารางความถี่ จัดจำแนกประเภทเป็นหมวดหมู่ มีการคำนวณหาค่าบางอย่าง แล้วจึงเลือกสื่อ หรือรูปแบบที่จะถ่ายทอดให้ผู้อื่นเข้าใจได้ง่ายและรวดเร็ว การสื่อความหมายในรูปแบบใดก็ตาม ควรจะต้องคำนึงถึงความชัดเจน สมบูรณ์ ความถูกต้องแม่นยำ ความไม่กำกวมและความกระชับรัด

ทบวงมหาวิทยาลัย (2525 : 70) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการสื่อความหมาย คือ การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด หรือการทดลอง จากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำให้อยู่ในรูปแบบที่มีความหมายหรือมีความสัมพันธ์กันมากขึ้น จนง่ายต่อการแปลความหมายในขั้นต่อไป ซึ่งคล้ายคลึงกับ สมชัย โกมล และคนอื่น ๆ (2525 : 175) ที่ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการสื่อความหมายว่า เป็นการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด หรือการทดลอง มาจัดกระทำใหม่โดยวิธีการต่าง ๆ แล้วจึงเสนอหรือแสดงให้ผู้อื่นเข้าใจ การสื่อความหมายที่ดีจะต้องสั้นและเข้าใจง่าย

สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ (2530 : 164) และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524 : 8) ได้ให้ความหมายของการสื่อความหมาย คล้ายคลึงกันว่า หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลองจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำเสียใหม่โดยการหาความถี่ เรียงลำดับ จัดแยกประเภท หรือคำนวณหาค่าใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลนั้นดีขึ้น โดยอาจเสนอในรูปแบบของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ แผนผัง วงจร กราฟ สมการ เขียนและบรรยาย ซึ่งสอดคล้องกับ วรณทิพา รอดแรงคำ และ พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2532 : 60) ได้ให้ความหมายของทักษะการสื่อความหมายนี้ เป็นทักษะพื้นฐานของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ผู้เรียนเข้าใจความหมายของการสื่อความหมาย แสดงการสื่อความหมายโดยวิธีต่าง ๆ เช่น บรรยาย แผนภาพ แผนผัง ไดอะแกรม ตาราง วงจร สมการ กราฟ ได้จนเป็นความชำนาญ หรือเป็นทักษะ

นอกจากนี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524 : 8 – 9) ยังได้กำหนดพฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการจัดทำและสื่อความหมายข้อมูล ดังนี้

1. เลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้เหมาะสม
2. บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบที่ใช้ในการเสนอข้อมูลได้
3. ออกแบบการเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกไว้ได้
4. บรรยายลักษณะสิ่งใดสิ่งหนึ่งด้วยข้อความที่เหมาะสม กระชับรัด จนสื่อความ

หมายให้ผู้อื่นเข้าใจได้

สำหรับสุวัณท์ นิยมคำ (2531 : 192 – 195) ได้กำหนดพฤติกรรมที่แสดงว่านักเรียนเกิดทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ดังนี้

1. สามารถบรรยายรูปร่างลักษณะ และคุณสมบัติของวัตถุได้ จนผู้ฟังสามารถชี้ หยิบ จับ หรือบอกวัตถุนั้นได้ถูกต้อง
2. สามารถบรรยายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นได้ โดยให้นักเรียนทำกิจกรรม อย่างหนึ่งเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของวัตถุ แล้วให้นักเรียนสังเกต แล้วเขียนบรรยายเพื่อคน อื่นที่ไม่ได้เข้าร่วมกิจกรรมอ่านแล้วเข้าใจ
3. สามารถเขียนแผนผัง แผนที่ วงจรของวัตถุ เครื่องมือ อุปกรณ์ และระบบของ การทำงานของสิ่งต่าง ๆ ได้
4. มีความหมายในการจัดกระทำและเลือกสื่อ เพื่อเสนอข้อมูล ให้อยู่ในรูปแบบ ใหม่ ที่ทำให้ผู้อื่นเข้าใจได้ดี

จากความหมายดังกล่าว สรุปได้ว่า การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง การนำข้อมูลมาจัดกระทำใหม่ แล้วนำเสนอข้อมูลนั้น ๆ ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น ตาราง แผนภูมิ วงจร กราฟ เขียนบรรยาย ฯลฯ เพื่อสื่อความหมายให้ผู้อื่นเข้าใจชัดเจน รวดเร็วยิ่งขึ้น

ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล

การทำงานของนักวิทยาศาสตร์นั้น มิได้สิ้นสุดอยู่ที่การมีข้อมูลหรือข้อเท็จจริงเท่านั้น แต่จะมีการกระทำทางความคิดที่อยู่เลยข้อมูลขึ้นไปอีกทางหนึ่ง ทั้งนี้เพื่อการหาความหมาย ความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรและข้อสรุปต่าง ๆ ซึ่งเรียกว่า การลงความคิดเห็นจากข้อมูล ซึ่ง การลงความคิดเห็นจากข้อมูลเป็นการกระทำที่อยู่เหนือข้อมูล หมายความว่า ไม่ใช่เป็นแต่เพียง การสังเกต แต่เป็นการใช้ปัญญาของความหมายต่าง ๆ (สวัณก์ นิยมคำ. : 2531 – 200)

ธงชัย ชิวปรีชา และทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์ (2525 : 165) ได้ให้ความหมาย เกี่ยวกับการลงความคิดเห็นจากข้อมูลสอดคล้องกันว่า หมายถึง การอธิบาย หรือสรุป โดยเพิ่ม ความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกต โดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมเข้าช่วย ซึ่ง สอดคล้องกับวรรณทิพา รอดแรงคำ และพิมพันธ์ เตชะคุปต์ (2532 : 11) ที่กล่าวถึง การลง ความคิดเห็นจากข้อมูลว่าเป็นการอธิบายผลที่ได้จากการสังเกต โดยใช้ความรู้เดิม ประสบการณ์ เดิมและเหตุผล หรือเพิ่มความคิดเห็นส่วนตัวลงไปด้วย เป็นการตอบเกินข้อมูลที่ได้จากการ สังเกต ซึ่งมีความแตกต่างกันจากการสังเกตโดยชัดเจน กล่าวคือ การสังเกตเป็นเพียงใช้ประสาท สัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่าง เข้าไปสัมผัสกับวัตถุหรือเหตุการณ์เท่านั้น การลงความ คิดเห็นจากข้อมูลอาจถูกหรือผิดขึ้นกับเงื่อนไข ต่อไปนี้

1. ปริมาณและขอบเขตของข้อมูล
2. ความถูกต้องของข้อมูล
3. ความรู้และประสบการณ์เดิมของผู้ลงความคิดเห็น
4. ความสามารถในการมองเห็น

สวัณท์ นิยมคำ (2531 : 200) ยังได้ให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่ทำให้เกิดความสับสนมีอยู่ 2 ประการ คือ การสังเกตกับการการลงความคิดเห็นจากข้อมูล ซึ่งการสังเกตนั้นมีจุดมุ่งหมายที่จะค้นหาข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริง ซึ่งเป็นการค้นหาเนื้อหาสาระของวิทยาศาสตร์ในระดับที่ 1 ส่วนการลงความคิดเห็นจากข้อมูลนั้นมีจุดมุ่งหมายที่จะค้นหาความหมายของข้อมูลด้วยวิธีต่าง ๆ ซึ่งเป็นการค้นหาเนื้อหาสาระของวิทยาศาสตร์ในระดับที่ 2 และความคิดที่ได้ออกมา นั้น จะไม่ก้าวเลยไปถึงสิ่งที่คิดว่าจะเกิดมาในอนาคต เพราะถ้าก้าวเลยไปถึงอนาคต การคิดเช่นนั้นจะกลายเป็นการพยากรณ์ และการอธิบายข้อมูลต่าง ๆ เพื่อลงความคิดเห็นจากข้อมูลนั้น มิใช่การเดา (Guess) เพราะการเดานั้นเป็นการคิดอย่างไม่มีหลักการ ขาดเหตุผลและหลักฐานสนับสนุน แต่การลงความคิดเห็นจากข้อมูลจะต้องใช้เหตุผลอธิบาย และอ้างอิงโดยยึดหลักการทางวิทยาศาสตร์ ประสบการณ์เดิมที่เคยผ่านมาแล้ว นอกจากนี้ ธีระชัย บุรณโชติ (2517 : 47) ยังได้ให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับการสังเกตและการลงความคิดเห็นจากข้อมูลในลักษณะเดียวกันอีกว่า การสังเกตนั้นเป็นการใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 ไปสัมผัสกับสิ่งที่ต้องการศึกษาแล้วได้ข้อเท็จจริงปلي่ย่อย หรือรายละเอียดของสิ่งนั้นขึ้นมา ส่วนการลงความคิดเห็นจากข้อมูลนั้น ไม่ได้ใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 แต่อย่างใด แต่เป็นการใช้ความคิดและประสบการณ์เดิมที่เกี่ยวข้อง ไปมองดูข้อมูลนั้นว่าให้ความหมายอะไรแก่เราบ้าง

กีกา (Gega. 1977 : 53 – 54) ได้จำแนกการลงความคิดเห็นจากข้อมูลออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. การลงสรุปจากข้อมูล
2. การบอกสาเหตุเป็นนัย ๆ หรือการชี้แนะทางอ้อม
3. การพยากรณ์ข้อมูล

สำหรับ วูดเบิร์น และโอเบิร์น (Woodburn and Oburn. 1965 : 37) ได้พูดถึงการลงความคิดเห็นจากข้อมูลว่า การลงความคิดเห็นจากข้อมูลนั้นมีตั้งแต่ง่ายที่สุด คือการเชื่อมโยงความคิดเห็นหลาย ๆ อย่างเข้าด้วยกัน จนถึงระดับการตั้งสมมติฐาน การหาความสัมพันธ์ เป็นกฎหรือหลักการจนกระทั่งถึงการพยากรณ์จากสิ่งที่รู้แล้วไปหาสิ่งที่ยังไม่รู้

ในเรื่องการลงความคิดเห็นจากข้อมูลนั้น สมชัย โกมล และคนอื่น ๆ (2525 : 235 – 236) ได้ให้ข้อสังเกต 4 ประการ ดังนี้

1. ในการลงความคิดเห็นจากข้อมูลชุดเดียวกัน คนสังเกตคนเดียวกัน อาจจะมีความคิดเห็นได้หลายอย่าง เช่น เราตื่นนอนแล้วมองไปนอกหน้าต่าง เห็นสนามหญ้าเปียก ตามต้นไม้ใบหญ้ามีหยดน้ำค้างเกาะ หยดน้ำมาจากไหน เราอาจจะลงความคิดเห็นว่า เมื่อคืนนี้ฝนตก (แต่เราไม่รู้เพราะนอนหลับหรือคนงานรดน้ำสนามหญ้า แต่เราก็ไม่เห็น) ซึ่งความคิดเห็นแต่ละอย่างมีโอกาที่จะเป็นไปได้ทั้งสิ้น

2. การลงความคิดเห็นชุดเดียวกัน แต่หลายคน อาจมีความคิดเห็นแตกต่างกัน เช่น เห็นรถยนต์จอดอยู่ แล้วมีคน 2 คน เปิดกระโปรงรถยนต์ดู บางคนอาจลงความคิดเห็นว่า เครื่องยนต์จะเสีย บางคนคิดว่าเพื่อต้องการจะโชว์เครื่องยนต์ใหม่ให้ดู เป็นต้น ดังนั้น จะเห็นว่าข้อมูลชุดเดียวกันแต่ก็ไม่จำเป็นต้องมีความเห็นเหมือนกัน ซึ่งเป็นคุณสมบัติสำคัญมากของนักวิทยาศาสตร์ คือ การเป็นผู้มีใจกว้าง ยอมรับความคิดเห็นจากผู้อื่น และระลึกเสมอว่าความคิดเห็นของผู้อื่นอาจมีส่วนถูกไม่น้อยไปกว่าความคิดเห็นของตนเอง

3. การลงความคิดเห็นจากข้อมูลเป็นสิ่งที่ยังไม่มั่นใจ อาจถูกหรือผิดก็ได้ การลงความคิดเห็นจากข้อมูลเป็นกระบวนการคิดหาคำตอบของปัญหาที่สงสัยเท่านั้น ไม่มีการทดลองหรือพิสูจน์ว่าคำตอบนั้นเป็นจริง ถูกต้องหรือไม่ซึ่งต่างจากข้อสรุป จะน่าเชื่อถือ เพราะการลงข้อสรุปมีพื้นฐานมาจากข้อมูลซึ่งได้จากการทดลอง สามารถยืนยันคำตอบของปัญหาที่สงสัย (สมมติฐาน) ได้ และผลที่ได้จากการทดลองหรือทดสอบก็จะกลายเป็นข้อสรุปที่เชื่อถือได้

4. การสังเกตหลาย ๆ ครั้ง สังเกตอย่างละเอียดถี่ถ้วน ยิ่งได้ข้อมูลมากและกว้างขวางเท่าใด ก็ยิ่งทำให้การลงความคิดเห็นจากข้อมูลนั้นใกล้เคียงหรือถูกต้องยิ่งขึ้น

นอกจากนี้ สุวัฒน์ นิยมคำ (2531 : 209) ยังให้ข้อเสนอแนะเพิ่มเติมเกี่ยวกับการลงความคิดเห็นจากข้อมูลที่เชื่อถือได้นั้น ขึ้นอยู่กับเงื่อนไข 4 ประการ คือ

1. ความถูกต้องของข้อมูล ถ้าข้อมูลไม่ถูกต้อง การลงความคิดเห็นจากข้อมูลก็จะไม่ถูกต้องด้วย

2. ความกว้างของข้อมูล ถ้าเรามีข้อมูลมาก หลักฐานเพียงพอ โอกาสของการลงความคิดเห็นจากข้อมูลก็จะถูกต้องยิ่งขึ้น

3. ประสบการณ์เดิมของการลงความคิดเห็นจากข้อมูล ถ้าประสบการณ์เดิมเคยพบเหตุการณ์นั้น ๆ มาหลายครั้ง และน่าเชื่อถือ โอกาสที่จะลงความคิดเห็นจากข้อมูลถูกต้องก็มาก

4. ความสามารถในการมองเห็นของผู้ลงความคิดเห็นจากข้อมูล ซึ่งจะสามารถใช้หลักฐานที่เห็นให้เป็นประโยชน์ได้มากน้อยเพียงใด และสามารถล่วงความเป็นจริงจากหลักฐานนั้นได้มากน้อยเพียงใด

จะเห็นว่า การลงความคิดเห็นจากข้อมูลของแต่ละบุคคลก็จะแตกต่างกันออกไป, และการลงความคิดเห็นจากข้อมูลของผู้ใด จะเป็นที่น่าเชื่อถือมากที่สุดก็ขึ้นอยู่กับเงื่อนไข 4 ประการ ดังที่กล่าวมาแล้วข้างต้น

จากความหมายและข้อเสนอแนะดังกล่าว สรุปได้ว่า การลงความคิดเห็นจากข้อมูล หมายถึง การเพิ่มความคิดให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผลโดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมเข้าช่วยการลงความคิดเห็นจากข้อมูลเป็นสิ่งที่ยังไม่มั่นใจ อาจจะถูกหรือผิดก็ได้ แต่ละคนอาจการลงความคิดเห็นจากข้อมูลชุดเดียวกันต่างกัน เนื่องจากประสบการณ์และความรู้เดิมมาต่างกัน แต่จะต้องเป็นไปอย่างสมเหตุสมผลกับข้อมูลที่สังเกตได้

ทักษะการพยากรณ์

เราทราบมาแล้วว่า การลงความคิดเห็นจากข้อมูล เป็นการหาความหมายของข้อมูลโดยมองจากปัจจุบัน (ผล) ย้อนกลับไปหาอดีต (เหตุ) จากปรากฏการณ์ที่พบเห็น เพื่อว่ามันมีสาเหตุมาจากอะไร แต่การพยากรณ์นี้ตรงกันข้าม เพราะเป็นการมอง (ข้อมูล) จากปัจจุบันไปสู่สิ่งที่คาดว่าจะเกิดขึ้นในอนาคต (ผล) ตัวอย่างเช่น ชาวนาสามารถคาดการณ์ล่วงหน้าว่าเมื่อต้นฤดูทำนา ถ้าลักษณะดินฟ้าอากาศเป็นอย่างนี้แล้ว ผลการเก็บเกี่ยวปลายปีจะเป็นอย่างไร การที่ชาวนาสามารถพยากรณ์ผลผลิตได้ ก็เพราะว่าชาวนามีประสบการณ์เกี่ยวกับดินฟ้าอากาศและผลผลิตมาเป็นเวลาหลายปี มองเห็นลักษณะและแนวโน้มระหว่างปริมาณน้ำฝนกับผลผลิตว่าเกี่ยวข้องกันอย่างไร และใช้ลักษณะการนี้เป็นเครื่องมือในการพยากรณ์

ทบทวนมหาวิทยาลัย (2525 : 74) และสมชัย โกมล และคนอื่น ๆ (2525 : 210) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการพยากรณ์สอดคล้องกันว่า หมายถึง การคาดคะเนสิ่งที่เกิดขึ้นล่วงหน้า โดยอาศัยประสบการณ์ที่เกิดขึ้น ๆ หลักการ กฎ หรือทฤษฎีในเรื่องนั้น ๆ มาช่วย

การทำนายอาจทำได้ 2 แบบ คือ การทำนายภายในขอบเขตข้อมูล (Interpolating) และการทำนายภายนอกของขอบเขตข้อมูล (Extrapolating) วารรณทิพา รอดแรงคำ และพิมพ์พันธ์ เตชะคุปต์ (2532 : 79) ได้กล่าวถึงลักษณะของการพยากรณ์ไว้ คือ การพยากรณ์นั้นมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของมนุษย์ตลอดเวลา ตัวอย่างเช่น การพยากรณ์อากาศจากวิทยุ โทรทัศน์และหนังสือพิมพ์ การพยากรณ์ในเรื่องเศรษฐกิจ การเมืองและการปกครอง ซึ่งหมายถึง การพยากรณ์ คือ การทำนายหรือการคาดคะเนคำตอบโดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการสังเกต หรือข้อมูลจากประสบการณ์ที่เกิดขึ้น ๆ ในเรื่องนั้น หรือข้อมูลที่แสดงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ หรือจากความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น ความจริง หลักการ กฎ ตลอดจนทฤษฎีต่าง ๆ การพยากรณ์ที่แม่นยำเป็นผลมาจากการสังเกตที่รอบคอบ การวัดที่ถูกต้อง การบันทึก และการจัดกระทำข้อมูลอย่างเหมาะสม การพยากรณ์แบ่งเป็น 2 ประเภท คือ

1. การพยากรณ์ภายในขอบเขตข้อมูล หมายถึง การคาดคะเนคำตอบหรือค่าของข้อมูลที่อยู่ภายในขอบเขตของข้อมูลที่สังเกตหรือวัดได้
2. การพยากรณ์ภายนอกขอบเขตข้อมูล หมายถึง การคาดคะเนคำตอบหรือค่าของข้อมูลที่มากกว่าหรือน้อยกว่าขอบเขตของข้อมูลที่สังเกตหรือวัดได้

การพยากรณ์ภายในขอบเขตของข้อมูล จะเชื่อถือได้มากกว่าและมีความผิดพลาดน้อยกว่าการพยากรณ์ภายนอกขอบเขตข้อมูล

แสตฟฟอร์ด และคนอื่น ๆ (Stafford and others. 1977 : 5) ได้ให้ความหมายของการพยากรณ์ไว้ว่า เป็นการคาดคะเนล่วงหน้า โดยอาศัยกฎเกณฑ์หรือรูปแบบที่มีอยู่แล้ว เป็นเครื่องมือเช่นเดียวกับ สุวัณท์ นิยมคำ (2531 : 233) ที่ให้คำนิยามของการพยากรณ์ว่า การพยากรณ์เป็นการคาดเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นล่วงหน้า โดยอาศัยข้อมูลที่พบในปัจจุบันและตัวบอกเหตุ และใช้หลักการทั่วไปหรือประสบการณ์เดิมที่เคยพบเห็นมาแล้ว เป็นเครื่องมือในการคาดเหตุการณ์

อนันต์ จันทร์ภิวัฒน์ (2525 : 177) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการพยากรณ์ว่า หมายถึง การคาดคะเนคำตอบ โดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด รวมไปถึงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรที่ได้ศึกษามาแล้ว หรือปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ กัน ผลการทำนายจะถูกต้อง แม่นยำเพียงใด เป็นผลมาจากการสังเกตอย่างรอบคอบและการวัดที่ถูกต้องด้วย

เอ็กเกน และคนอื่น ๆ (Eggen and others. 1979 : 24) ได้ให้ข้อคิดเห็นเกี่ยวกับการพยากรณ์ว่า จะต้องใช้หลักการทั่วไปเป็นเครื่องมือ การพยากรณ์นั้นจะดูจากเหตุการณ์หรือการสังเกตการณ์เฉพาะอย่างครั้งเดียวเท่านั้น แล้วก็สามารถคาดการณ์ว่า สิ่งที่จะเกิดขึ้นตามมาจะเป็นอะไร การพยากรณ์จะเชื่อถือได้นั้น ขึ้นอยู่กับหลักการทั่วไปที่ใช้เป็นเครื่องมือ

นอกจากนี้สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524 : 11) ได้ให้ความหมายของการพยากรณ์ว่า เป็นการสรุปคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยอาศัยปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ หลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่แล้วในเรื่องนั้น ๆ มาช่วยในการสรุป

การพยากรณ์ข้อมูลเกี่ยวกับตัวเลข ได้แก่ ข้อมูลที่เป็นตาราง หรือกราฟ ทำได้ 2 แบบ คือ การพยากรณ์ในขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่แล้ว กับ การพยากรณ์ภายนอกขอบเขตข้อมูลที่มีอยู่ และยังได้กำหนดพฤติกรรมที่แสดงว่าเกิดทักษะการพยากรณ์แล้ว ดังนี้

1. การพยากรณ์ทั่วไป พยากรณ์ที่เกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่ได้
2. การพยากรณ์จากข้อมูลเชิงปริมาณ
 - 2.1 พยากรณ์ผลที่เกิดขึ้นภายในขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้
 - 2.2 พยากรณ์ผลที่เกิดขึ้นภายนอกขอบเขตของข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้

การพยากรณ์ที่จะให้ผลมั่นใจที่สุด คือ การพยากรณ์ที่ตัวแปรอื่น ๆ ถูกควบคุมให้คงที่ทั้งหมด ให้เปลี่ยนแปลงเฉพาะตัวแปรอิสระและตัวแปรตามเท่านั้น และถือว่าการพยากรณ์ภายในขอบเขตข้อมูลมีพื้นฐานในการพยากรณ์ เชื่อถือได้มากกว่าการพยากรณ์ภายนอกขอบเขตของข้อมูล และการพยากรณ์ภายนอกขอบเขตข้อมูลนั้น ยิ่งห่างจุดที่สังเกตสุดท้ายมากเท่าไร ก็จะเชื่อถือได้น้อยลงเท่านั้น อย่างไรก็ตามการพยากรณ์ทั้ง 2 แบบนี้จะต้องมีความถูกต้องแม่นยำก็ต่อเมื่อความสัมพันธ์ของตัวแปรที่สังเกตได้เป็นระบบระเบียบแน่นอน

การพยากรณ์มีประโยชน์มากในทางวิทยาศาสตร์ การที่นักวิทยาศาสตร์พยายามหากฎเกณฑ์หรือหลักการของธรรมชาตินั้น วัตถุประสงค์ก็เพื่อนำไปพยากรณ์สิ่งที่เกิดขึ้นเพื่อที่จะได้ทำการควบคุมและป้องกันอันตรายจากธรรมชาติได้

จากความหมายของการพยากรณ์ดังกล่าว สรุปได้ว่า การพยากรณ์ หมายถึง การคาดคะเนเหตุการณ์ล่วงหน้า โดยอาศัยข้อมูล หลักการ กฎ ทฤษฎี และความสัมพันธ์ต่าง ๆ

ซึ่งมิใช่การเดา มีทั้งการพยากรณ์ภายในและภายนอกขอบเขต ซึ่งการพยากรณ์ภายในขอบเขตจะผิดพลาดน้อยและมีความเชื่อมั่นสูงกว่าการพยากรณ์ภายนอกขอบเขต

ทักษะการตั้งสมมติฐาน

สมมติฐานเป็นการลงความคิดเห็นจากข้อมูลประเภทหนึ่ง ซึ่งข้อแถลงจะอยู่ในรูปของข้อสรุปรวมเชิงหลักการทั่วไป ข้อแถลงนี้ยังไม่สามารถนำไปพยากรณ์ได้ และยังไม่ใช้หลักการวิทยาศาสตร์ เพราะมันยังไม่ผ่านการทดสอบยืนยัน สภาพของมันจึงเป็นเพียงหลักการวิทยาศาสตร์ชั่วคราวที่ยกวางขึ้น เพื่อรอการทดสอบต่อไป ดังตัวอย่างของข้อแถลงชุดที่ 1 และชุดที่ 2

ชุดที่ 1 พืชสีเขียวต้องการแสงแดด และอากาศในการดำรงชีวิต

ชุดที่ 2 ต้นมะม่วงต้องการแสงแดด น้ำ และอากาศในการดำรงชีวิต

จากตัวอย่างในชุดที่ 1 ข้อแถลงและพูดถึงสิ่งทั่ว ๆ ไป ไม่เจาะจงว่าจะเป็นรายการหนึ่งรายใด อยู่ในรูปของข้อสรุปรวมเชิงหลักการทั่วไป อาจจะจริงหรือไม่ก็ได้ เพราะยังไม่มีทดสอบยืนยัน

สำหรับชุดที่ 2 ข้อแถลงจะพูดถึงสิ่งเฉพาะราย ซึ่งอาจจะจริงหรือไม่ก็ได้ เพราะยังไม่มีทดสอบเช่นกัน อย่างนี้ไม่จัดเป็นสมมติฐาน (ถ้าเป็นก็เป็นสมมติฐานที่เริ่มตั้งไว้ก่อนเพื่อจะได้ขยายขอบเขตให้กว้างขวางออกไป) เพราะฉะนั้นคุณสมบัติหลักของสมมติฐาน ก็อยู่ที่ความเป็นข้อสรุปเชิงหลักการทั่วไปของข้อแถลงนั้น

ฟิชเชอร์ (Fisher. 1975 : 47) ให้ความหมายเกี่ยวกับสมมติฐานว่า เป็นเพียงข้อสรุปทั่วไปอันหนึ่ง (Generalized Concept) ซึ่งมีหลักฐานสนับสนุนอยู่บ้างเพียงเล็กน้อย และต้องการทดสอบหาความจริงต่อไป เช่นเดียวกับ ไทรจแค็ก (Trojack. 1979 : 166) ซึ่งได้ให้ความหมายของการตั้งสมมติฐานไว้ว่า สมมติฐานจะเป็นข้อแถลงทั่ว ๆ ไป ที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวประกอบต่าง ๆ ในเหตุการณ์นั้น ๆ ข้อแถลงเชิงหลักการทั่วไปนี้จะครอบคลุมถึงเหตุการณ์ทุกอย่างในลักษณะเดียวกัน แม้ว่าบางเหตุการณ์เราจะไม่ได้สังเกตก็ตาม ถ้าตัวอย่างที่เราพบเห็นมีมากเท่าใด ก็จะสามารถสร้างสมมติฐานได้หนักแน่นเท่านั้น สมมติฐานยังเป็นเรื่องของการตั้งเพื่อเลือกอยู่ และต้องการจะทดสอบหาความจริงต่อไป ส่วนเอ็กเกน และคนอื่น ๆ (Eggen and Others. 1979 : 27) ก็ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับสมมติฐานในทำนองเดียวกันว่า

โดยรูปแบบแล้วสมมติฐานเป็นส่วนหนึ่งของการลงความคิดเห็นเชิงหลักการทั่วไป สมมติฐานจะต่างกับการลงความคิดเห็นข้อมูลเชิงหลักการทั่วไปตรงที่การสร้าง เพราะการลงความคิดเห็นเชิงหลักการทั่วไปมีข้อมูลเพียงพอแล้วสมมติฐานสร้างจากข้อมูลที่มีอยู่ยังไม่เพียงพอ แต่ก็ยังพอมองเห็นความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่อยู่ขอบเขตนั้นและต้องทำการทดสอบต่อไป เมื่อทดสอบได้ว่าถูกต้องแล้ว สมมติฐานนั้นก็จะเป็นหลักการทั่วไป

สำหรับ สุวรงค์ นิยมคำ (2531 : 217 – 218) ได้ให้คำจำกัดความของสมมติฐาน คล้ายคลึงกับที่กล่าวมาแล้ว สมมติฐานนั้นเป็นข้อแถลงแบบสรุปรวมเชิงหลักการทั่วไป เพื่อใช้อธิบายปัญหาที่เราต้องการหาคำตอบ ข้อแถลงนั้นคาดว่าจะแทนความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ ที่ก่อให้เกิดเหตุการณ์นั้น ๆ ด้วยการสร้างขึ้นมาจากพื้นฐานของข้อมูลที่มีอยู่เพียงเล็กน้อย ในปัญหาหนึ่ง ๆ อาจจะมีสมมติฐานได้หลายอย่าง ซึ่งจะต้องทำการทดสอบเพื่อยืนยันความเป็นจริงต่อไป

ในทางวิทยาศาสตร์ สมมติฐานมีความสำคัญมาก เพราะจะช่วยชี้แนะว่าควรจะมีการทดลองอย่างไร จะค้นหาข้อมูลอะไร ถ้าปราศจากสมมติฐานแล้ว การค้นหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ก็จะมีทิศทาง สมมติฐานจะต้องตั้งจากการมีข้อมูลเกี่ยวกับเรื่องนั้นอยู่บ้าง เหมือนที่ กูด (Good, 1972 : 57) ได้กล่าวว่า “นักวิทยาศาสตร์จะรวบรวมข้อมูลจากการสังเกต แล้วใช้วิธีอุปมาสร้างสมมติฐานขึ้น” ดังนั้น ในการตั้งสมมติฐาน ต้องมีข้อมูลพอเห็นเป็นแนวทางพอสมควร ถึงแม้ว่าข้อมูลจะไม่เพียงพอ ก็ไม่เป็นไรและการตั้งสมมติฐานนั้นจะต้องอยู่ในวงแคบหรือกว้างก็ได้ ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับวัตถุประสงค์ที่ต้องการศึกษาและกลุ่มตัวอย่าง (Sample) ที่เรานำมาใช้ว่าเป็นตัวแทนของประชากร (Population) เพียงใด ถ้าเราต้องอยู่ในวงแคบเฉพาะเจาะจง เพียงแต่สิ่งที่เราต้องศึกษา ข้อสรุปที่ได้ก็จะอยู่ภายในวงจำกัด ซึ่งเรามักจะตั้งสมมติฐานให้อยู่ในวงกว้างเพื่อที่จะได้ข้อสรุปเป็นหลักการทั่วไป หรือหลักการใหญ่ เพราะความรู้ทางวิทยาศาสตร์ พยายามจะศึกษาหลักการทั่วไปมากกว่าความรู้เฉพาะสิ่ง

สำหรับ สมชัย โกมล และคนอื่น ๆ (2525 : 257) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการตั้งสมมติฐาน หมายถึง การสรุปคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง เป็นข้อสันนิษฐานที่คาดคะเนว่าปัญหานั้นน่าจะมีสาเหตุมาจากอะไร หรือเป็นการคาดคะเนว่า ผลการวิจัยจะออกมาในรูปใด หรืออาจจะกล่าวได้ว่าการตั้งสมมติฐานก็คือการเดา การทายเหตุของปัญหาและผลที่จะได้รับการวิจัย

นอกจากนี้ ควินน์ และยอร์จ (Quinn and George. 1975 : 289 – 296) ได้ทำการวิจัยเพื่อที่จะประเมินผลวิธีการสอน การสร้างสมมติฐานของเด็กในระดับประถมศึกษา พบว่า

1. นักเรียนที่ได้รับการสอนการตั้งสมมติฐาน จะมีทักษะในการตั้งสมมติฐานที่มีคุณภาพดีกว่าพวกที่ไม่ได้รับการสอน
2. สมรรถทางสังคม สถิติปัญญา คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการอ่านและเพศ มีผลต่อการตั้งสมมติฐาน กล่าวคือ นักเรียนที่มาจากครอบครัวที่มีฐานะทางเศรษฐกิจดี จะมีทักษะการตั้งสมมติฐานดีกว่านักเรียนที่มาจากครอบครัวที่มีฐานะทางเศรษฐกิจต่ำ และนักเรียนที่มีสถิติปัญญาดี มีคะแนนผลสัมฤทธิ์สูง มีความสามารถในการอ่านสูง จะมีทักษะการตั้งสมมติฐานดีกว่านักเรียนที่มีสถิติปัญญาไม่ดี คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำ มีความสามารถทางการอ่านน้อย และยังพบว่า นักเรียนหญิงที่มีสถานภาพทางสังคมต่ำ จะมีทักษะในการตั้งสมมติฐานต่ำกว่านักเรียนชาย แต่นักเรียนหญิงที่มีสถานภาพทางสังคมสูงจะมีทักษะในการตั้งสมมติฐานดีกว่านักเรียนชาย

จากที่กล่าวมา สรุปได้ว่า การตั้งสมมติฐาน ก็คือ การคาดคะเนคำตอบล่วงหน้า ก่อนที่จะทำการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ และประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน คำตอบที่คิดว่าไว้ล่วงหน้า ไม่จำเป็นต้องถูกต้องเสมอไป อาจจะเป็นจริงทั้งหมด หรืออาจเป็นจริงบางส่วนหรือไม่เป็นจริงทั้งหมดก็ได้ ซึ่งจะทราบได้ภายหลังการทดลองหาคำตอบ เพื่อสนับสนุนหรือคัดค้านสมมติฐานที่ตั้งไว้ สมมติฐานจะเขียนเป็นข้อความประโยคบอกเล่า ที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น (ตัวแปรอิสระ) กับตัวแปรตาม

ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร

ถ้าเรามีปัญหาว่า “การเจริญเติบโตของพืชต้องการปุ๋ย น้ำ และแสงแดด จริงหรือไม่” เราจึงตั้งสมมติฐานขึ้นเพื่อหาคำตอบของปัญหานี้ว่า “ปุ๋ย น้ำและแสงแดด ทำให้พืชเจริญงอกงาม” สมมติฐานนี้สามารถแยกได้ 2 ส่วน คือ ส่วนที่เป็นเหตุ (Cause) ได้แก่ ปุ๋ย น้ำ และแสงแดด ส่วนที่เป็นผล (Effect) คือ การเจริญงอกงามของพืช ส่วนที่เป็นเหตุนี้เป็นตัวที่เราคาดว่าจะมีผลกระทบต่อส่วนที่เป็นผล และเป็นตัวที่เราต้องการจะดูอิทธิพลของมัน เราเรียกดั้งเดิมทั้งหลายนี้อันว่า ตัวแปรอิสระ (Independent Variable) ส่วนที่เป็นผลที่เกิดขึ้นเนื่องจาก

การกระทำของตัวแปรอิสระนั้น เรียกว่า ตัวแปรตาม (Dependent Variable) หรือ (Responding Variable) ในที่นี้ก็คือ การเจริญงอกงามของพืช ถ้าจะทำการทดสอบสมมติฐานที่กล่าวข้างต้นก็ต้องหาพืชมาหลาย ๆ ชนิด ชนิดละหลาย ๆ ต้น และแบ่งพืชออกเป็น 2 พวกเท่า ๆ กัน และเหมือนกัน นำมาปลูกในลักษณะเดียวกัน สมมติว่าต้องการดูผลกระทบของปุ๋ยเสียก่อนก็จะทำ ดังนี้

กลุ่มที่ 1 ปุ๋ย + น้ำ + แสงแดด

กลุ่มที่ 2 น้ำ + แสงแดด (ขาดปุ๋ย)

กลุ่มที่ 1 เรียกว่า กลุ่มทดลอง เพราะต้องการดูผลทดลองของปุ๋ย ส่วนกลุ่มที่ 2 เรียกว่า กลุ่มควบคุม (ไม่ใช่ตัวแปรที่ถูกควบคุม) ในที่นี้ น้ำและแสงแดดที่ถูกควบคุม (ไว้ชั่วคราว) ส่วนปุ๋ย เป็นตัวแปรอิสระ เมื่อผลการทดลองผ่านไป ปรากฏว่า ต้นไม้กลุ่มทดลองเจริญงอกงามกว่าก็สรุปได้ว่า ปุ๋ยมีผลกระทบต่อความเจริญเติบโตของต้นไม้

สมชัย โกมล และคนอื่น ๆ (2525 : 287) และทบวงมหาวิทยาลัย (2525 : 79) มีความเห็นพ้องกันเกี่ยวกับการแบ่งประเภทของตัวแปร ซึ่งแบ่งเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. ตัวแปรอิสระ หรือตัวแปรตาม (Independent Variable) คือตัวแปรที่เป็นต้นเหตุ เป็นตัวแปรที่มีอิทธิพลต่อผลที่ต้องการศึกษา หรือตัวแปรที่เราต้องการทดลองดูว่ามันจะส่งผลให้เกิดเหตุการณ์นั้น ๆ จริงหรือไม่

2. ตัวแปรตาม (Dependent Variable) เป็นตัวแปรที่ขึ้นกับตัวแปรอิสระ หรือตัวแปรตาม เมื่อตัวแปรต้นมีค่าเปลี่ยนไป ตัวแปรตามก็จะเปลี่ยนตามไปด้วย

3. ตัวแปรควบคุม (Controlled Variable) คือ ตัวแปรอื่น ๆ ที่เรายังไม่สนใจที่จะศึกษา ซึ่งอาจจะมีผลต่อตัวแปรต้นในขณะนั้น จึงจำเป็นต้องควบคุมโดยให้คงที่ไว้ชั่วคราวก่อน ทั้งนี้เพราะต้องการศึกษาอิทธิพลของตัวแปรต้นเพียงชนิดเดียวเท่านั้น

นอกจากนี้ สุวัฒน์ นิยมคำ (2531 : 240) ยังได้เพิ่มเติมตัวแปรที่ 4 อีกตัวหนึ่ง นั่นคือ ตัวแปรที่ควบคุมไม่ได้ (Uncontrolled Variable) ซึ่งมีผลต่อการทดลองเช่นกันแต่ไม่มากนัก และเราไม่สามารถควบคุมได้ เช่น คุณภาพของเครื่องมือ

สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ (2530 : 193) และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524 : 14) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร ดังนี้

กำหนดตัวแปร หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องการควบคุมในสมมติฐานหนึ่ง ๆ

ตัวแปรต้น คือ สิ่งที่เป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดผลต่าง ๆ หรือสิ่งที่เราต้องการทดลองดูว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

ตัวแปรตาม คือ สิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อต้นแปรต้นหรือสิ่งที่เป็นสาเหตุเปลี่ยนไป ตัวแปรตามหรือสิ่งที่เป็นผลจะเปลี่ยนตามไปด้วย

ตัวแปรที่ต้องควบคุม คือ สิ่งอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่มีผลต่อการทดลองด้วย ซึ่งจะต้องควบคุมให้เหมือน ๆ กัน มิเช่นนั้น อาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน

การควบคุมตัวแปร หมายถึง การควบคุมสิ่งอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรอิสระที่จะทำให้การทดลองคลาดเคลื่อน ถ้าหากว่าไม่ควบคุมให้เหมือน ๆ กัน

จากความหมายเกี่ยวกับการกำหนดและควบคุมตัวแปรที่กล่าวมาแล้ว สรุปได้ว่าการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่ต้องควบคุม ในสมมติฐานหนึ่ง รวมถึงการควบคุมปัจจัยอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรอิสระที่จะทำให้การทดลองคลาดเคลื่อน ถ้าหากว่าไม่ควบคุมให้เหมือน ๆ กัน

ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงสรุป

การตีความหมายข้อมูลและลงสรุป เป็นกระบวนการขั้นสุดท้ายของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การทดลองใด ๆ แม้ว่าจะออกแบบการทดลอง ทำการทดลองอย่างรัดกุม ได้ข้อมูลจากการทดลองอย่างละเอียด แต่ขาดกระบวนการขั้นนี้ ก็จะไม่สามารถสรุปผลการทดลองตอบรับหรือตอบปฏิเสธสมมติฐานได้ เพราะการตีความหมายข้อมูลและลงสรุป เป็นการมองข้อมูลในทุกแง่มุม การพิจารณาถึงความหนักแน่นของหลักฐานที่สนับสนุนหรือขัดแย้ง การตั้งเอาประสบการณ์ ความรู้และหลักการคิดหาเหตุผลมาเป็นเครื่องมือในการตีความหมายแล้วจึงลงเป็นข้อสรุป

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524 : 16) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการตีความหมายข้อมูลและลงสรุป หมายถึง การแปลความหมายหรือการบรรยายลักษณะและคุณลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ ซึ่งการตีความหมายข้อมูลในบางครั้งอาจต้องใช้ทักษะอื่น ๆ ด้วย เช่น ทักษะการสังเกต ทักษะการคำนวณ แล้วจึงสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ (2530 : 202 – 205) ได้กล่าวถึงวิธีการลงข้อสรุป 2 วิธี คือ การลงข้อสรุปโดยการอุปมาน และอนุมาน

1. การลงข้อสรุปโดยวิธีอุปมาน เป็นการพิจารณาข้อมูลซึ่งเป็นข้อความจริงปลีกย่อย ว่ามีความสัมพันธ์ มีแนวโน้มไปทางเดียวกันหรือไม่ ถ้าขัดแย้งกันก็สรุปเป็นหลักการทั่วไปไม่ได้ เช่น ข้อมูลเกี่ยวกับการทดลองใส่เนื้อสัตว์ในขวดโหลเปิดฝา ดังนี้

ขวดที่ 1 เนื้อวัว (เน่า) แผลงวันมาเกาะ มีตัวหนอนเกิดขึ้น

ขวดที่ 2 เนื้อปลา (เน่า) แผลงวันมาเกาะ มีตัวหนอนเกิดขึ้น

ขวดที่ 3 เนื้อหมู (เน่า) แผลงวันมาเกาะ มีตัวหนอนเกิดขึ้น

ข้อมูลนี้ในความปลีกย่อย ดังนี้

แผลงวันมาเกาะที่เนื้อวัว (เน่า) มีตัวหนอนเกิดขึ้น

แผลงวันมาเกาะที่เนื้อปลา (เน่า) มีตัวหนอนเกิดขึ้น

ข้อสรุป คือ มีตัวหนอนเกิดขึ้นที่ก้อนเนื้อเน่าเมื่อมีแผลงวันมาเกาะ

ข้อสรุปดังกล่าว เป็นเพียงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างตัวหนอน แผลงวันและก้อนเนื้อเท่านั้นยังไม่แน่ชัดว่าอะไรเป็นสาเหตุของการเกิดหนอน ต่อมาจึงสังเกตเห็นว่าที่ก้อนเนื้อมีตัวหนอนเกิดขึ้น และเกิดจากไข่ของแผลงวันจึงสรุปเป็นหลักการได้ว่า “ตัวหนอนที่เกิดขึ้นที่ก้อนเนื้อเน่า เกิดจากไข่ของแผลงวัน”

จากหลักการที่ได้นี้ ยังเป็นข้อสรุปที่แคบ สามารถอุปมานเป็นหลักการในระดับกว้าง ดังนี้

ตัวหนอนเกิดจากไข่แผลงวัน ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิต

ปลาตัวเล็ก ๆ เกิดขึ้นจากไข่ปลา ซึ่งเป็นสิ่งมีชีวิต

ข้อมูลนี้ให้ความจริงปลีกย่อย ดังนี้

ตัวหนอน ปลา ต่างก็เป็นสิ่งมีชีวิต สรุปเป็นหลักการทั่วไปได้ว่า “สิ่งมีชีวิต ย่อมเกิดจากสิ่งมีชีวิตด้วยกัน” การสรุปเป็นหลักการทั่วไป โดยอุปมานนี้ก่อให้เกิดความรู้ใหม่ ความรู้ที่เกิดจากการอุปมานนี้พึงระวังว่า ข้อความจริงปลีกย่อยนั้น เป็นความจริงที่ยอมรับหรือไม่ เพราะถ้าไม่จริงแล้วข้อสรุปที่ได้แม้จะสมเหตุสมผลก็พลอยไม่จริงไปด้วย และกลุ่มตัวอย่างที่นำมาสู่การสรุปมีจำนวนไม่มาก ถ้าอยากให้คำความน่าจะเป็นนี้เชื่อถือได้มากที่สุด กลุ่มตัวอย่างจะต้องขยายวงออกไปให้มีจำนวนมากพอ

2. การลงข้อสรุปโดยวิธีอนุมาน เป็นการพิจารณาข้อเท็จจริงปลีกย่อย โดยอาศัยหลักการทั่วไปเป็นหลักอ้างอิง และในการพิจารณาข้อเท็จจริงปลีกย่อยนั้น มีอะไรสอดคล้องกับหลักการทั่วไปบ้าง ถ้าสอดคล้องมันจะต้องเป็นสิ่งที่อยู่ภายในกฎเกณฑ์ของหลักการทั่วไป ดังนั้นการสรุปโดยวิธีอนุมานเป็นการสรุปแบบพาดพิง เช่น

สิ่งมีชีวิต ต้องเกิดจากสิ่งมีชีวิต (หลักการทั่วไป)

มดแดงเป็นสิ่งมีชีวิต (ข้อเท็จจริงปลีกย่อย)

ดังนั้นข้อสรุปคือ มดแดงต้องเกิดจากสิ่งมีชีวิต

การลงข้อสรุปโดยวิธีอนุมานนี้ ข้อสรุปที่ได้จะถูกต้องแน่นอน เพราะเป็นข้อสรุปที่อยู่ภายใต้หลักการทั่วไปที่ยอมรับแล้ว

สมชัย โกมล และคนอื่น ๆ (2525 : 319) ได้แบ่งขอบเขตของการลงข้อสรุปออกเป็น 2 ระดับ คือ

1. การสรุปในระดับแคบ (Conclusion) เป็นการสรุปให้อยู่ในเฉพาะกลุ่มตัวอย่าง หรือสิ่งที่นำมาศึกษาเท่านั้น ข้อสรุปที่ได้จะถูกต้อง น่าเชื่อถือ

2. การสรุปในระดับกว้าง (Generalization) เป็นการสรุปเลยขอบเขตของกลุ่มตัวอย่างเป็นการขยายกว้างไปสู่ประชากร ซึ่งข้อสรุปแบบนี้ จะให้ค่าความเชื่อได้น้อยกว่าการสรุปแบบแคบ

แอนเดอร์สัน (Anderson. 1976 : 43) ได้แบ่งประเภทของการลงข้อสรุปได้ 5 ประเภท ดังนี้

1. ลงข้อสรุป เพื่อหาหน้าที่เฉพาะของหน่วยใดหน่วยหนึ่ง ในระบบอันหนึ่ง (Unit Explanation)

2. ลงข้อสรุป เพื่อหาระบบการทำงาน และรูปลักษณะของระบบอันหนึ่ง ๆ (Pattern Explanation)

3. ลงข้อสรุปเพื่อหาการจัดประเภทใหม่ของสิ่งต่าง ๆ (Classification)

4. ลงข้อสรุปเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ (Correlation)

5. ลงข้อสรุปเพื่อหาความสัมพันธ์ที่เป็นเหตุ เป็นผลต่อกัน (Causal Explanation)

จากความหมายการตีความหมายข้อมูลและลงสรุปดังกล่าวแล้ว สรุปได้ว่า การตีความหมายข้อมูลและลงสรุป หมายถึง การแปลความหมาย หรือบรรยายลักษณะของข้อมูลที่มีอยู่ แล้วสรุปเป็นหลักการ โดยอาศัยความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด ซึ่งบางครั้งต้องใช้ทักษะการสังเกต หรือการคำนวณช่วยการลงข้อสรุปใหญ่ ๆ มี 2 วิธีคือ การลงข้อสรุปโดยวิธีอุปมาน และอนุมาน การลงข้อสรุปแบบอนุมานถูกต้องแน่นอนกว่าวิธีอุปมาน เนื่องจากการลงข้อสรุปแบบอนุมานเป็นการสรุปพาดพิงถึงหลักการทั่วไป

ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ

ในการใช้ภาษาสื่อความหมาย ไม่ว่าจะเป็นภาษาพูดหรือเขียนก็ตาม ข้อความบางตอนเขียนไม่ชัดเจน กำกวม เข้าใจได้หลายประเด็น ในวงการศึกษาระดับวิชาต่าง ๆ เช่น สังคมศาสตร์ ศึกษาศาสตร์ วิทยาศาสตร์ ฯลฯ ต่างก็มีคำศัพท์เฉพาะสาขานั้น ๆ ซึ่งคำศัพท์เหล่านั้นบางครั้งอยู่ในสาขาวิชาเดียวกัน ก็เข้าใจไม่ตรงกัน จึงจำเป็นต้องกำหนดความหมายและขอบเขตของคำศัพท์ให้ชัดเจนและเข้าใจตรงกัน โดยเฉพาะในวงการวิทยาศาสตร์ คำศัพท์เฉพาะ จะต้องเขียนให้ชัดเจนไม่กำกวม จะต้องไม่ให้ตีความหมายได้หลายแง่หลายมุม คำที่ใช้ในวิทยาศาสตร์ จะต้องมีความเชื่อมั่นและความเที่ยงตรง (Reliability & Validity) เช่น สมมติฐานที่ว่า “การเจริญเติบโตของต้นไม้ต้องการแสงแดด” คำว่า “การเจริญเติบโต” หมายถึงอะไร ความสูงของต้นไม้ หรือการผลิติดอกผล ซึ่งต่างก็เข้าใจไม่ตรงกัน เพื่อให้เข้าใจตรงกันได้มากที่สุด จึงจำเป็นต้องมีนิยามเชิงปฏิบัติการ (ส่วดวก นียมคำ. 2531 : 242 – 243)

แอนเดอร์สัน (Anderson. 1976 : 64) ได้แบ่งการกำหนดนิยามออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. การกำหนดนิยามเชิงหลักการ (Conceptual Definition) ซึ่งเป็นนิยามเชิงนามธรรม
2. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Operational Definition) ซึ่งเป็นการนิยามที่ระบุการกระทำที่เป็นรูปธรรม ซึ่งสามารถสังเกตได้ ส่วนสมชาย โกมล และคนอื่น ๆ (2525 : 341) ได้แบ่งการกำหนดนิยามเป็น 2 ประเภทเช่นกัน คือ

2.1 การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Operational Definition) ซึ่งเป็นการให้ความหมายของคำต่าง ๆ ชัดเจน สามารถสังเกตและทดสอบได้ เช่น “ออกซิเจนเป็นก๊าซที่

ช่วยให้ไฟติดเมื่อนำก้อนไม้ขีดที่คุ้แดงแหย่ลงไปในก๊าซนั้น ก้อนไม้ขีดจะลุกเป็นเปลวไฟ” จากนิยามนี้จะเห็นว่าระบุสาระสำคัญ 2 ประการ คือ

ประการแรก บอกการกระทำที่จะทดลองเพื่อทดสอบก๊าซนี้ โดยการนำก้อนไม้ขีดติดไฟคุ้แดงอยู่แหย่ลงไปในก๊าซนั้น

ประการที่สอง ระบุสิ่งที่ทดลองเพื่อทดสอบก๊าซนี้ โดยการนำก้อนไม้ขีดติดไฟคุ้แดงอยู่แหย่ลงไปในก๊าซนั้น

2.2 การกำหนดนิยามไม่ใช่เชิงปฏิบัติการ (Nonoperational Definition)

เป็นการให้ความหมายขอบเขตของคำต่าง ๆ ในลักษณะทั่ว ๆ ไป ไปให้เข้าใจตรงกัน แต่ไม่ชัดเจน จนสามารถสังเกตและทดสอบได้ เหมือนนิยามเชิงปฏิบัติการ เช่น “ออกซิเจนเป็นธาตุที่มีจำนวนอะตอม (Atomic Number) 8 และมีมวลอะตอม (Atomic Weight) 16” จะเห็นว่านิยามเช่นนี้ ทุกคนเข้าใจตรงกันแต่ขาดคุณสมบัติ 2 ประการ คือ ไม่ระบุการกระทำเพื่อทดสอบ และไม่บอกสิ่งที่สังเกตได้จากการทดลอง

กีกา (Gega. 1977 : 50) กล่าวว่า “นิยามเชิงปฏิบัติการเป็นการให้คำจำกัดความโดยการบรรยายให้เห็นการกระทำที่จะทดลองได้” เช่นเดียวกับทบทวมหาวิทยาลัย (2525 : 78) ที่ได้กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการว่า จะต้องมื่อนี้อาหาระ 2 ประการคือ ระบุสิ่งที่สังเกต และระบุการกระทำที่ได้จากการวัดทดสอบหรือทดลอง ถ้านิยามใดไม่มีคุณสมบัติ 2 ประการนี้ถือว่าไม่ใช่คำนิยามเชิงปฏิบัติการ

นอกจากนี้ พิศาล สร้อยรุห์ร่า (2525 : 229) ยังได้กำหนดสาระสำคัญ 2 ประการ ของการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ คือ

1. จะทำการทดสอบอย่างไร (บรรยายให้เห็นวิธีทดสอบในคำนิยาม)
2. จะสังเกตอะไรจากการทดสอบ (บอกสิ่งที่สังเกตไว้ในคำนิยาม)

จากความหมายของการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการดังกล่าว สรุปได้ว่า การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่าง ๆ (ที่อยู่ในสมมติฐานที่ต้องการทดลองให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตหรือวัดได้) การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการต้องใช้ภาษาที่รัดกุม ชัดเจน และระบุการกระทำในการที่จะทดสอบ และสิ่งที่จะสามารถสังเกตได้

ทักษะการทดลอง

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นตั้งอยู่บนรากฐานของการสังเกต เพื่อจะได้ข้อมูลที่จะนำไปสร้างเป็นความรู้ ซึ่งการได้ข้อมูลนั้นอาจจะได้หลายทาง เช่น การสังเกตปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดยตรงอีกทางหนึ่งอาจจะได้จากการสังเกตจากการทดลอง ฉะนั้นการทดลองจะเป็นการกระทำอย่างหนึ่งที่ทำให้เราได้ข้อมูลที่มีความเชื่อถือได้ ซึ่งข้อมูลนี้จะนำไปใช้ในการสังเคราะห์หาความรู้วิทยาศาสตร์

สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ (2530 : 195) และสมชัย โกลม และคนอื่น ๆ (2525 : 366) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการทดลองที่สอดคล้องกันว่าการทดลองเป็นกระบวนการพิสูจน์เพื่อยืนยันความจริงในสิ่งที่สงสัย หรือในสิ่งที่อยากรู้คำตอบ หรือเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่าจะเป็นจริงหรือไม่ โดยรวมเอากระบวนการต่าง ๆ มาผสมผสานกัน นับตั้งแต่การสังเกต การวัด การคำนวณ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การสื่อความหมาย การลงความคิดเห็น การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป เป็นต้น เช่นเดียวกับ ทบวงมหาวิทยาลัย (2525 : 80) ซึ่งได้ให้ความหมายเกี่ยวกับการทดลองสอดคล้องกันว่าเป็นกระบวนการที่รวมเอากระบวนการต่าง ๆ ได้แก่ การออกแบบการทดลอง การเลือกวัสดุอุปกรณ์และการดำเนินการทดลอง เพื่อพิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งขึ้นว่าเป็นจริงหรือไม่ ก่อนการทดลองนั้นจะต้องมีปัญหาก่อนแล้วจึงแยกตัวแปรต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหามีอะไรบ้าง จึงจะเลือกตัวแปรเกี่ยวข้องมาตั้งสมมติฐาน แล้วจึงออกแบบการทดลองเพื่อควบคุมตัวแปรเลือกวัสดุอุปกรณ์ที่เหมาะสม แล้วดำเนินการทดลอง

เบสท์ (Best. 1970 : 140) ได้ให้ความหมายของการทดลองว่า “การทดลองเป็นวิธีการทำงานอย่างมีระเบียบและหลักการ หรือเพื่อหาคำตอบของคำถามที่ว่า ถ้าทำอย่างนี้ภายในเงื่อนไขที่ควบคุมเช่นนี้แล้วจะมีอะไรเกิดขึ้นบ้าง ผู้กระทำการทดลองจะใส่ตัวแปรที่ต้องการดูแลผลกระทบของมันลงไปหรือไม่ก็จะจัดสภาพแวดล้อมใหม่ แล้วสังเกตการเปลี่ยนแปลงของวัตถุที่ถูกกระทำ หรือสังเกตสภาพการณ์ที่เปลี่ยนไป” ซึ่งตรงกับ คาริน และซันด์ (Carin and Sund. 1975 : 220) ที่ให้ความหมายเกี่ยวกับการทดลองไว้ว่า “การทดลองจะต้องเป็นการแก้ปัญหาอย่างหนึ่ง ซึ่งสภาพการณ์จะต้องมีการตั้งสมมติฐานขึ้น แล้วจึงมีการทดสอบสมมติฐานโดยแบ่งการทดสอบออกเป็นกลุ่มควบคุมกับกลุ่มตัวแปร” นอกจากนี้ สแตฟฟอร์ด และคนอื่น ๆ (Stafford and others. 1977 : 57) ยังได้ให้ความหมายของการทดลองที่

คล้ายคลึงกันอีกว่า การทดลองเป็นการสร้างเหตุการณ์ หรือสถานการณ์จำลองขึ้นอย่างหนึ่ง เพื่อจะได้สังเกตผลที่เกิดขึ้นภายใต้การควบคุมเงื่อนไขต่าง ๆ หรือเพื่อทดสอบสมมติฐาน รูปแบบ หรือโมเดลที่คิดไว้ ทั้งนี้เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูล นอกจากนี้ยังได้แบ่งประเภทของการทดลองออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. การทดลองเพื่อสำรวจหาข้อมูลภายใต้การควบคุมเงื่อนไขโดยไม่ต้องมีการแบ่งกลุ่ม ควบคุมเปรียบเทียบ ซึ่งจะมีตั้งแต่การทดลองที่ง่าย ๆ ไปจนถึงยุ่งยากซับซ้อน

1.1 การทดลองแบบ 3 ขั้นตอน (Three – Step Attack Experiment) เช่น “น้ำแข็ง จะลอยในน้ำมันก๊าดหรือไม่”

ขั้นที่ 1 ตั้งปัญหา

ขั้นที่ 2 ทำการทดลองแล้วสังเกตดูผล

ขั้นที่ 3 สรุป

1.2 การทดลองเพื่อสำรวจค้นหามโนคติ (Observational Investigation) และการสำรวจค้นหาจำแนกประเภท (Classification Investigation) เช่น การหามโนคติของเซลล์ก็ให้นักเรียนดูเซลล์ของพืชหลาย ๆ ชนิด ด้วยกล้องจุลทรรศน์ แล้วบันทึกข้อมูล ก็สามารถสรุปคุณสมบัติของเซลล์ได้ หรือถ้าอยากรู้ว่าพืชดอกแบ่งเป็นกี่ชนิด ก็ให้นำพืชดอกหลาย ๆ ชนิด สังเกตความแตกต่างแล้วจัดเข้ากลุ่มที่เหมือนกัน ก็สามารถจำแนกประเภทของพืชดอกได้

2. ทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน โดยมีการแบ่งกลุ่มควบคุม เปรียบเทียบ การทดลอง แบบนี้จะต้องสร้างสถานการณ์ออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มควบคุม (Control Group) กับกลุ่มทดลอง (Experimental Group) กลุ่มทดลองนี้เป็นกลุ่มที่เราจะใส่ตัวแปรเข้าไปเพื่อดูผลกระทบ ส่วนกลุ่มควบคุมมีไว้สำหรับเปรียบเทียบและทั้ง 2 กลุ่ม จะต้องจัดสภาพแวดล้อมให้เหมือนกันหมดทุกอย่างตลอดจนการทดลอง ถ้าผลการทดลองทั้ง 2 กลุ่ม แตกต่างกัน ก็สรุปได้ว่าตัวแปรนั้นมีผล

สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ (2530 : 196 – 197) และ สมชัย โกมล และคนอื่น ๆ (2525 : 266) ได้แบ่งประเภทของการทดลองออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. การทดลองแบบลองผิดลองถูก (Trial and Error Experiment) เป็นการทดลองที่ผู้ทดลอง ไม่มีทิศทางที่แน่นอนว่าจะหาคำตอบของปัญหานี้โดยวิธีใด อย่างไร จึงลอง

ทำไปเรื่อย ๆ แก้ไขปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงไปเรื่อย ๆ จนกว่าจะได้คำตอบหรือมองเห็นวิธีการที่ถูกต้อง

2. การทดลองแบบแบ่งกลุ่มเปรียบเทียบ (Controlled Experiment) การทดลองนี้จะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม คอยเปรียบเทียบซึ่งกันและกัน คือ

2.1 กลุ่มควบคุม (Control Group) กลุ่มนี้มีหน้าที่เปรียบเทียบกับกลุ่มทดลอง กลุ่มนี้เราสามารถควบคุมให้อยู่ในภาวะปกติทุกประการ

2.2 กลุ่มทดลอง (Experiment Group) เป็นกลุ่มที่จัดให้เหมือนกับกลุ่มควบคุมทุกอย่าง ผิดกันแต่เราใส่ตัวแปรที่ต้องการจะดูผลของมันเข้าไปเท่านั้น ส่วนขั้นตอนในการทดลองก็จะเริ่มตั้งแต่การกำหนดปัญหา ตั้งสมมติฐาน ควบคุมตัวแปร ออกแบบการทดลอง ดำเนินการทดลอง ตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุปว่า ยืนยันหรือคัดค้านสมมติฐาน และปรับปรุงแก้ไขสมมติฐานใหม่ ถ้าผลการทดลองไม่ยืนยันสมมติฐาน

3. การทดลองแบบไม่มีการแบ่งกลุ่มเปรียบเทียบ (Noncontrolled Experiment) การทดลองแบบนี้มีกลุ่มทดลองเดียว เป็นการทดลองง่าย ๆ ที่ไม่จำเป็นต้องมีอีกกลุ่มคอยเปรียบเทียบ ผลการทดลองเป็นการหาคำตอบของสิ่งที่ต้องการจะรู้ โดยไม่จำเป็นต้องตั้งสมมติฐาน เช่น นำมีจุดเดือดกึ่งองศา เป็นต้น

สำหรับ สุวัฒน์ นิยมคำ (2531 : 248 – 250) ได้สรุปประเภทของการทดลองออกเป็น 3 ลักษณะ ดังนี้

1. การทดลองวิทยาศาสตร์ (Experiment) เป็นการทดลองที่นักเรียนยังไมู้คำตอบมาก่อน สิ่งที่จะสำรวจค้นหานั้นคืออะไร เป็นอย่างไร และจะค้นหอย่างไร ทุกอย่างนักเรียนต้องเป็นคนค้นคิดและดำเนินการด้วยตัวเองทั้งหมด ตั้งแต่การตั้งปัญหา คิดวิธีแก้ปัญหา รวบรวมข้อมูล และตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ซึ่งการทดลองเช่นนี้จะฝึกให้นักเรียนเป็นนักวิทยาศาสตร์ พัฒนาความคิดอุปนิสัยและได้ประสบการณ์มาก

2. การทดลองเชิงฝึกหัด (Laboratory Exercise) เป็นเพียงการสร้างความรู้คุ้นเคยกับการทดลอง และการใช้เครื่องมือวิทยาศาสตร์เท่านั้น นักเรียนจะเป็นผู้ทำกิจกรรมตามขั้นตอน และวิธีการต่าง ๆ ที่ครูกำหนดและอธิบายไว้แล้ว เป็นการทดลองที่ทำตามคู่มือครู เป็นสิ่งที่โรงเรียนใช้กันมาก เพราะสะดวกต่อการสอน แต่ขัดกับปรัชญาวิทยาศาสตร์

3. การทดลองเชิงจำกัดการแนะแนวทาง (Guided Experiment) เป็นการทดลองที่อยู่ระหว่างกลาง สามารถนำมาใช้ในโรงเรียนได้ คือ การออกแบบการทดลองบางส่วนมาจากครู และบางส่วนจะมาจากนักเรียน ส่วนการปฏิบัติการทดลอง นักเรียนจะเป็นผู้ทำการทดลองเองทั้งหมด

สำหรับการที่จะนำใช้สอนในโรงเรียนนั้นใช้สอนได้ทั้ง 3 ลักษณะ แต่ควรเน้นการทดลองเชิงวิทยาศาสตร์ให้มาก และข้อสำคัญกิจกรรมการทดลองจะประกอบด้วยกิจกรรม 2 ขั้นตอน คือ

1. กิจกรรมภาคออกแบบการทดลอง (Experiment Planing)
2. กิจกรรมภาคปฏิบัติการทดลอง (Experiment Performance) โดยเฉพาะภาคปฏิบัติการทดลองจะขาดไม่ได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2524 : 15) ได้กำหนดกิจกรรมการทดลองออกเป็น 3 ขั้นตอน คือ

1. การออกแบบการทดลอง ซึ่งเป็นการวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดสอบจริง เพื่อกำหนดวิธีการทดลอง และอุปกรณ์หรือสารเคมีที่จะต้องใช้ในการทดลอง

2. การปฏิบัติการทดลอง

3. การบันทึกผลการทดลอง ซึ่งอาจเป็นผลจากการสังเกต การวัด และอื่น ๆ

นอกจากนี้ยังได้กำหนดพฤติกรรมที่แสดงว่า เกิดทักษะการทดลอง ดังนี้ คือ

1. กำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องเหมาะสม โดยคำนึงถึงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมด้วย

2. ระบุอุปกรณ์และสารเคมีที่จะต้องใช้ในการทดลองได้

3. ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องเหมาะสม

4. บันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่วและถูกต้อง

จากความหมายของการทดลองดังกล่าว สรุปได้ว่า การทดลอง หมายถึง การพิสูจน์เพื่อยืนยันความจริงในสิ่งที่สงสัย หรือในสิ่งที่อยากจะรู้คำตอบ หรือเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ การทดลองวิทยาศาสตร์ จะประกอบด้วยกิจกรรมการออกแบบการทดลอง การปฏิบัติการทดลอง และการบันทึกผลการทดลอง การทดลองแบ่งเป็น 3 ประเภท คือ การทดลองแบบกลุ่มเปรียบเทียบ แบบไม่มีกลุ่มเปรียบเทียบ และแบบลองผิดลองถูก

ความหมายของแบบทดสอบภาคปฏิบัติ

นักการศึกษาและนักจิตวิทยาได้ให้ความหมายของแบบทดสอบภาคปฏิบัติไว้หลายท่าน ดังนี้

มาร์แชลและลอยด์ (Marshall and Loyde. 1971 : 135) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบภาคปฏิบัติไว้ว่า เป็นแบบทดสอบที่เกี่ยวกับการเคลื่อนไหวหรือการตอบสนองที่เป็นการกระทำของผู้ถูกสอบ โดยปกติแล้วการทดสอบจะเกิดขึ้นได้ต้องจัดให้ผู้ถูกสอบได้อยู่ในสถานการณ์ที่เป็นจริงหรือคล้ายของจริงให้มากที่สุด แต่ไม่ใช้การทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์แบบเขียนตอบ (Paper and Pencil Tests) นอกจากนี้ยังสามารถจัดรูปแบบทดสอบประเภทนี้ไว้ 3 ความหมาย คือ

1. แบบทดสอบภาคปฏิบัติที่เกี่ยวกับความสามารถทางสมอง ทางด้านความคิด ส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับการสอบทักษะทางด้านภาษา ทางการฟัง การพูดและการกระทำที่เกี่ยวข้องกับความคิด เช่น แบบทดสอบของ Stanford Binet Tasks of Performance Test

2. แบบทดสอบภาคปฏิบัติที่ทดสอบความสามารถในการใช้เครื่องจักร และเครื่องมือต่าง ๆ ประกอบการทำงานสิ่งใดสิ่งหนึ่งให้ประสบความสำเร็จ เช่น แบบทดสอบของ Benneff Hand Tool Dexterity Tests

3. แบบทดสอบภาคปฏิบัติในความหมายนี้ อาจรวมไปถึงการเขียนตอบบนกระดานได้ด้วย เพราะหมายถึงแบบทดสอบที่ได้กำหนดให้เกิดการทำงานจากสถานการณ์จำลอง เช่น การให้เขียนตัวเลข การพิมพ์ดีด เป็นการทำงานที่ต้องอาศัยทักษะ SRA Typing Skill

ธอร์นไดค์ (Thorndike. 1971 : 238) ได้กล่าวว่า แบบทดสอบภาคปฏิบัติ บางครั้งก็ถูกนำไปใช้ให้ความหมายของแบบทดสอบอาชีพ (Trade test) แบบทดสอบจะถูกใช้เพื่อที่จะประเมินความสามารถในทางอาชีพของช่างฝีมือ (Skilled Worker) หรือกึ่งฝีมือ (Semiskilled Worker) อย่างเช่น ช่างเครื่องยนต์ (Machanist) ช่างก่ออิฐ (Bricklayer) หรือช่างต่อประปา (Plumber)

สแตนลีย์ (Stanley. 1975 : 186) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบภาคปฏิบัติไว้ว่าเป็นแบบทดสอบเพื่อพิจารณาการกระทำในการประเมินผลวิธีปฏิบัติงานและผลผลิตของงาน

เมท์เรนส์ และเลห์แมน (Mehrens and Lehmann. 1984 : 206) ก็ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบภาคปฏิบัติไว้อย่างกว้าง ๆ ว่าแบบทดสอบภาคปฏิบัติโดยทั่วไป จะเป็นแบบทดสอบ 1 ใน 3 ของประเภทต่อไปนี้

1. แบบทดสอบภายใต้สภาวะการณ์ที่จำลองขึ้นมา (Tests Under Simulated Conditions) เช่น การฝึกหัด (Training) ของนักบินภายใต้อุปกรณ์ฝึกภาคสนามสำหรับนักบิน (Link Trainer) เป็นตัวอย่างของแบบทดสอบชนิดนี้ ข้อจำกัดของวิธีดำเนินการของแบบทดสอบชนิดนี้ ก็คือ พฤติกรรมในสถานการณ์ที่จำลองขึ้นมา บางที่แตกต่างกันอย่างชัดเจน เมื่อเปรียบเทียบกับในสถานการณ์ที่เป็นจริง ดังนั้นผลที่ได้จากการประเมินการปฏิบัติจึงมีความถูกต้องน้อย

2. แบบทดสอบด้วยอย่างงาน (Work Sample Tests) เป็นแบบทดสอบที่เชื่อถือได้ และสมเหตุสมผลมากที่สุด เพราะว่าผู้เข้าสอบจะกระทำการผลิตบางสิ่งบางอย่างแท้จริง

3. แบบทดสอบการจำได้ (Recognition Tests) ความหมายของแบบทดสอบชนิดนี้ ก็คือแบบทดสอบที่จะวัดความสามารถในการจำลักษณะเฉพาะ (Characteristics) ของผลผลิต (Products) และการปฏิบัติได้หรือไม่ หรือความสามารถในการจำแนกแยกแยะ (Identify) ตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับพืชบางชนิด

สมบุรณ์ ชิตพงศ์ (2525 : 18) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบภาคปฏิบัติว่า เป็นแบบทดสอบที่มีจุดประสงค์ที่ต้องการให้ผู้สอบได้ปฏิบัติ การทดสอบแบบนี้ต้องการวัดวิธีการ (Process) หรือคุณผลงาน (Product) ในการปฏิบัติ เช่น การทดสอบภาคปฏิบัติในวิชาศิลปะ งานช่าง อุตสาหกรรม สุขศึกษา และพลศึกษา

ไพศาล หวังพานิช (2526 : 89) ได้กล่าวว่า การวัดผลงานภาคปฏิบัติ คือความสามารถในการปฏิบัติ เป็นการวัดที่ให้ผู้เรียนได้แสดงพฤติกรรมด้วยการกระทำ โดยถือว่าการปฏิบัติเป็นความสามารถในการผสมผสานหลักการ วิธีการต่าง ๆ ที่ได้รับการฝึกฝนมาให้ปรากฏออกมาเป็นทักษะของผู้เรียน

สุนันท์ สลโกสม (2527 : 85) ได้กล่าวว่า การทดสอบภาคปฏิบัติเป็นการทดสอบเพื่อพิจารณาการกระทำ หรือความสามารถในการจัดการ (Manipulate Object) ทำงานได้ตามจุดประสงค์ที่กำหนดหรือพิจารณาประสิทธิภาพและประสิทธิผลที่เกิดขึ้น จากการตอบสนองกับสถานการณ์ที่กำหนดให้

เชิดศักดิ์ โฆวสินธุ์ (2529 : 16) ได้ให้ความหมายของแบบทดสอบภาคปฏิบัติไว้ว่า เป็นเครื่องมือที่ออกแบบเพื่อวิเคราะห์และวัดทักษะของนักเรียนในด้านการปฏิบัติหรือการกระทำ ที่ให้เลือกปฏิบัติภายใต้เงื่อนไขที่ได้ควบคุมไว้อย่างดี

เฟียน ไชยสร (2529 : 8) ได้ให้ความหมายของการวัดผลภาคปฏิบัติว่า เป็นการวัดความสามารถของบุคคลในการทำงานอย่างใดอย่างหนึ่งโดยบุคคลนั้นได้ลงมือปฏิบัติการจัดการกระทำ (Manipulate) ซึ่งเกี่ยวข้องกับหรือสัมพันธ์กับสิ่งที่อยู่ในลักษณะของรูปธรรม (Materials or Physical Objects) โดยทางกายหรือการรับรู้ทางประสาทสัมผัส

ส. วาสนา ประวาลพฤษ (2535 : 8) ได้ให้ความหมายของการวัดผลการปฏิบัติในแง่ของการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง การให้ผู้สอบทำงานในกลุ่มตัวอย่างของงานที่จำเป็นในงานหนึ่งโดยจะกำหนดลักษณะของงานหรือเครื่องมือ หรือผลผลิตที่จะวัดซึ่งจะวัดในรูปของทักษะในการดำเนินงานหรือการสร้างงาน

จากความหมายของแบบทดสอบภาคปฏิบัติที่กล่าวมาแล้วข้างต้น พอสรุปได้ว่าแบบทดสอบภาคปฏิบัติ หมายถึง แบบทดสอบที่ให้ผู้ถูกสอบได้แสดงการกระทำในขณะที่ทดสอบในสถานการณ์ที่จัดขึ้น โดยจะวัดทั้งวิธีการ (Process) และผลงาน (Product) ที่ได้จากการปฏิบัติ

ชนิดของแบบทดสอบภาคปฏิบัติ

มาร์แชล (Marshall. 1971 : 139 – 141) ได้จำแนกแบบทดสอบภาคปฏิบัติออกเป็น 3 ชนิด

1. แบบทดสอบในการจำแนกแยกแยะ (Identification Test) ก็คือแบบทดสอบที่จะวัดความสามารถของนักเรียนในการจำแนกวัตถุ (Object) หรือชุดของวัตถุ (Set of Objects) จำแนกระหว่างความถูกต้องและไม่ถูกต้องในกระบวนการ (Produres) และวิธีปฏิบัติ (Practices) จำแนกปัจจัยสำคัญในตอนเบื้องต้นของกระบวนการ หรือเพื่อที่จะจำส่วนประกอบของผลผลิตได้

ความแตกต่างระหว่างการให้จำแนกแยกแยะทดสอบภาคปฏิบัติและแบบทดสอบทางภาษา (Verbal Tests) บางครั้งก็ไม่ชัดเจน ถ้าให้นักเรียนระบุชื่อและส่วนต่าง ๆ ของเครื่องพิมพ์ดีด โดยทั่ว ๆ ไป ก็จะเรียกว่าแบบทดสอบภาคปฏิบัติ อย่างไรก็ตามก็เป็นความจริงว่านักเรียนที่สามารถระบุส่วนต่าง ๆ ของเครื่องพิมพ์ดีดได้อย่างถูกต้อง ก็ไม่ได้เป็นหลักประกันว่านักเรียนจะมีความสามารถในการพิมพ์ การทำความสะอาดเครื่องพิมพ์ดีดหรือเปลี่ยนผ้าหมึกแบบทดสอบให้จำแนกแยกแยะไม่สามารถที่จะวัดประสิทธิภาพของผลงานในขั้นสุดท้ายของบุคคลได้เพราะว่า ทักษะในการปฏิบัติงาน และหรือคุณภาพของผลงานในขั้นสุดท้าย เราสามารถที่จะทำการวัดได้โดยตรง

แบบทดสอบให้จำแนกแยกแยะ มักจะเกี่ยวข้องกับการท่องจำของนักเรียน ดังนั้น การจำแนกแยกแยะงาน (Identification Tasks) ก็ควรจะทำให้เกิดการตอบโต้ (Reflex) ในการผสมผสานกันของทักษะและกระบวนการทางสมอง (Mental processes)

2. แบบทดสอบแบบจำลองสถานการณ์ (Simulated Situations Test) ในการทดสอบแบบจำลองสถานการณ์ กิจกรรมที่จำเป็นเกี่ยวกับงาน ซึ่งอาจจะเป็นสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตที่เคยประสบมา บางครั้งผู้เข้าสอบมีความสามารถที่จะใช้เครื่องมือ ซึ่งถูกสร้างขึ้นโดยเฉพาะเพื่อที่จะฝึกหัด (Training) และวัตถุประสงค์ในการทดสอบโดยพื้นฐานแล้ว แบบทดสอบแบบจำลองสถานการณ์ต้องการที่จะทำการคัดเลือกกิจกรรมที่จำเป็นที่สุด ที่จะเกี่ยวข้องกับการปฏิบัติกิจกรรมที่เคยคัดเลือกมาก็มีความมุ่งหมาย เพื่อที่จะทำการลอกเลียน (Duplicating) หรือการจำลอง (Simulating) ในกิจกรรมเหล่านี้ประสิทธิภาพของแบบทดสอบนี้ขึ้นอยู่กับปริมาณของการปฏิบัติจริงที่เป็นการปฏิบัติจริงที่เป็นการเลียนแบบ

3. แบบทดสอบตัวอย่างงาน (Work Sample Test) เป็นแบบทดสอบภาคปฏิบัติที่เกี่ยวข้องกับตัวอย่างงานหลาย ๆ ชนิด เช่น ครูคณิตศาสตร์ให้ทำแบบฝึกหัดตัวอย่างงาน เพื่อครูให้นักเรียนเขียนตัวอย่างตัวอักษรที่บอก แล้วทำการนับจำนวนของความผิดพลาดที่นักเรียนแต่ละคนทำบักทีกไว้

สุภรณ์ ลิ้มบริบูรณ์ (2535 : 10 – 11) ได้จำแนกแบบทดสอบภาคปฏิบัติออกเป็น 3 ลักษณะ คือ

1. แบบทดสอบโดยการให้แสดงการรู้จัก (Recognition Test) เป็นการทดสอบโดยกำหนดงานให้นักเรียน ให้นักเรียนระบุ จำแนก หรือบอกวิธีการ บอกเครื่องมือ ที่ใช้ในการปฏิบัติงานนั้น

2. แบบทดสอบในสถานการณ์จำลอง (Simulated Performance) เป็นการให้นักเรียนปฏิบัติในสถานการณ์ที่จำลองขึ้นมาให้เหมือนสถานการณ์จริงมากที่สุด

3. แบบทดสอบในสถานการณ์จริง เป็นการกำหนดงานให้ทำ (Work Sample Test) เป็นการทดสอบโดยมอบงานให้ทำ หรือให้ปฏิบัติในสถานการณ์จริง ซึ่งผู้เรียนจะต้องแก้ปัญหาเฉพาะหน้าต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในขณะนั้น

การสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติ

ในการสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติมีขั้นตอนในการสร้างอยู่หลายขั้น ได้มีผู้เสนอขั้นตอนในการสร้างไว้หลายท่าน ดังนี้

เบรดฟิลด์ (Bradefield. 1957 : 341) ได้เสนอขั้นตอนทั่วไปในการสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติไว้ 5 ขั้นตอนด้วยกัน คือ

1. เขียนรายงานกิจกรรมทั้งหมดในการปฏิบัติ ที่แบบทดสอบจะทำการวัด
2. เลือกกิจกรรมที่จะบรรจุในแบบทดสอบ
3. ปรับปรุงงานหรือชุดของงานที่กิจกรรมเหล่านั้นให้เป็นตัวตน (Incorporates) และมิติต่าง ๆ ให้ปรากฏชัดเจน
4. ปรับปรุงรูปแบบการสังเกตที่จะทำการวัดกิจกรรมให้อยู่ในรูปของมิติ (Dimensions) ที่สำคัญ

5. ปรับปรุงคำสั่ง คำชี้แจง ตลอดจนแผนการในการดำเนินงานสอบ

ทักแมน (Tuckman. (1975 : 180 – 185) ได้เสนอขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติโดยทั่วไปไว้ 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. กำหนดจุดประสงค์ ของการปฏิบัติที่ชัดเจน คำบ่งชี้การกระทำ (Action Work) ที่ใช้ประจำ คือ แสดงหรือสาธิต (Demonstrate) และสร้าง (Construct)
2. กำหนดสถานการณ์ของแบบทดสอบที่ชัดเจน ซึ่งสถานการณ์ดังกล่าวนี้จะเป็นสิ่งอำนวยความสะดวกในการที่จะบรรลุจุดประสงค์ที่ตั้งไว้ อันได้แก่ การกำหนดวัสดุอุปกรณ์ในการปฏิบัติงาน การกำหนดคำสั่งในการปฏิบัติงาน
3. กำหนดเกณฑ์ในการประเมินผลวิธีการ (Process) และผลงาน (Product) อย่างชัดเจน ซึ่งจะทำให้เป็นการตัดสินที่มีความเป็นปรนัยมาก
4. การสร้างแบบประเมิน ในการให้คะแนนการปฏิบัติงาน ซึ่งเป็นการนำเกณฑ์ในการประเมินงานปฏิบัติได้จัดทำขึ้นในข้อ 3 นำมาเรียบเรียงลำดับก่อนหลังตามข้อคำถาม แล้วกำหนดน้ำหนักคะแนนเกณฑ์แล้วแต่ความสำคัญในวิธีการปฏิบัติงาน ผู้ประเมินพิจารณาว่าการปฏิบัติของนักเรียนตรงตามเกณฑ์ที่ระบุไว้หรือไม่ ถ้าตรงก็ให้คะแนนเต็ม แต่ถ้าไม่ตรงก็ไม่ให้คะแนน

สุภรณ์ ลิ้มบริบูรณ์ (2535 : 15 – 17) ได้เสนอขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติ ดังนี้

1. กำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ คือ จุดประสงค์ที่ระบุว่า ต้องการให้นักเรียนทำอะไรได้ เพื่อประเมินว่า นักเรียนมีพฤติกรรมตามที่กำหนดหรือไม่

2. กำหนดลักษณะของการประเมิน

3. กำหนดพฤติกรรมจากการพิจารณาในข้อ 2 นำมากำหนดพฤติกรรมที่ต้องการวัด

4. สร้างเครื่องมือ รวบรวมรายการหรือพฤติกรรมที่กำหนดไว้ในข้อ 3 มาสร้างเครื่องมือ

5. กำหนดเกณฑ์การประเมิน คือ การกำหนดว่า ผู้เรียนจะต้องทำได้แค่ไหน เพียงใด

ผู้วิจัยได้รวบรวมขั้นตอนในการสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติของทั้ง เบรดฟิลด์ ทักแมน และสุภรณ์ ลิ้มบริบูรณ์ มาเป็นแบบอย่างในการสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัตินี้ โดยพิจารณาตามความเหมาะสม และความเป็นไปได้ที่นำมาใช้ว่าส่วนใดเหมาะสมกับลักษณะของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ความหมายของการประเมินผลจากสภาพจริง

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (มปป. : 6) กล่าวถึงความหมายของการประเมินผลจากสภาพจริงว่า เป็นกระบวนการสังเกต การบันทึกและรวบรวมข้อมูลจากงานและวิธีการที่ผู้เรียนทำ เพื่อเป็นพื้นฐานของการตัดสินใจในการศึกษาถึงผลกระทบต่อผู้เรียน การประเมินผลจากสภาพจริงจะไม่เน้นเฉพาะทักษะพื้นฐานแต่จะเน้นการประเมินทักษะการคิดที่ซับซ้อนในการทำงานของผู้เรียน ความสามารถในการแก้ปัญหาและการแสดงออกที่เกิดจากการปฏิบัติในสภาพจริงในการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ให้เป็นผู้ค้นพบและผู้ผลิตความรู้ ฝึกปฏิบัติรวมทั้งพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียน เพื่อสนองจุดประสงค์ของหลักสูตรและความต้องการของสังคม

สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ (2540 : 4 – 5) กล่าวถึงความหมายของการวัดและการประเมินผลจากสภาพจริงว่า หมายถึง การวัดและการประเมินผลจากสภาพที่แท้จริงของผู้เรียนที่อยู่บนพื้นฐานของเหตุการณ์ในชีวิตจริงโดยยึดการปฏิบัติเป็นสำคัญ มีความสัมพันธ์กับการเรียนการสอน เน้นพัฒนาการที่ปรากฏให้เห็นทั้งในและนอกห้องเรียน มีผู้เกี่ยวข้องในการประเมินหลายฝ่ายและเกิดขึ้นได้ในทุกบริบทเท่าที่จะเป็นไปได้ การประเมินผลจากสภาพจริงเป็นการประเมินที่มีลักษณะแบบไม่เป็นทางการ

ส. วาสนา ประวาลพฤษ์ (2539 : 50) ให้ความหมายว่า การประเมินผลจากสภาพจริง เป็นการวัดโดยเน้นผู้เรียนได้นำความรู้ แนวคิดในวิชาการต่าง ๆ ที่เรียนเพื่อนำมาแก้ปัญหา โดยใช้ทักษะกระบวนการคิดที่ซับซ้อน (Complex Thinking) มากกว่าการที่จะถามความสามารถ ขั้นต้นหรือความสามารถย่อย ๆ เป็นการวัดผู้เรียนโดยรวมทั้งด้านความคิด เจตคติ และการกระทำไปพร้อม ๆ กัน

จากความหมายของการประเมินผลจากสภาพจริงที่กล่าวมาข้างต้น สามารถสรุปได้ว่าการประเมินผลจากสภาพจริงเป็นการประเมินผลที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนเป็นผู้กระทำกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยการแสดงออกหลาย ๆ ด้านเพื่อนำไปแก้ปัญหา โดยใช้ทักษะกระบวนการการคิดที่ซับซ้อน ที่อยู่บนพื้นฐานของเหตุการณ์ที่เป็นจริงในทุกบริบทเท่าที่จะเป็นไปได้

แบบทดสอบวัดความสามารถจริง

ลักษณะของแบบทดสอบจะเป็นข้อคำถามที่เป็นปัญหาให้ผู้เรียนคิดและเขียนคำตอบเอง โดยปัญหาจะต้องมีความหมายต่อผู้เรียน มีความสำคัญเพียงพอ และเลียนแบบสภาพจริงในชีวิตของผู้เรียน เหมาะสมกับวัยและสภาพชีวิตของเขา แบบทดสอบทั้งฉบับจะต้องครอบคลุมและเป็นตัวแทนของเนื้อหาวิชาที่กำหนดไว้ในหลักสูตร ในการสอบผู้ตอบจะใช้ความรู้ความสามารถหลายด้าน ต้องคิดอย่างลึกซึ้ง มีวิธีการและขั้นตอนที่เห็นถึงการใช้ปัญญา ความรู้สึก และความสามารถในการปฏิบัติของผู้สอบ คะแนนจะต้องมีเกณฑ์การให้คะแนนความสมบูรณ์ของคำตอบ หรือขั้นตอนที่ชัดเจนตามเกณฑ์ (Rubric) ที่กำหนดไว้

ขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบ

1. ศึกษาหลักสูตร จัดประเด็นของหลักสูตรว่าต้องการให้ผู้เรียนเรียนรู้อะไร
 2. วิเคราะห์ความรู้ความสามารถและทักษะที่สัมพันธ์กับหลักสูตรและเนื้อหาวิชา ความสามารถและทักษะตามเป้าประสงค์ของหลักสูตรและกระบวนการคิดให้ครอบคลุมเนื้อหา
 3. เขียนข้อสอบที่จะสะท้อนคุณลักษณะและกระบวนการคิดให้ครอบคลุมเนื้อหา
 4. กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนตามคุณลักษณะและกระบวนการคิด
- ซึ่งแบบทดสอบวัดความสามารถจริง (Authentic Performance Tests) จะเน้น
- ความรู้ความสามารถตามเป้าประสงค์ของหลักสูตร เช่น การคิดอย่างมีเป้าหมาย

- ความสามารถและทักษะตามเป้าประสงค์ของหลักสูตร เช่น การคิดอย่างมีเป้าหมาย ใฝ่หาความรู้ มีความสามารถในการสื่อสาร มีความสามารถในการผลิต เป็นสมาชิกในสังคมที่มีความรับผิดชอบ

วิธีกำหนดระดับคะแนนแบบ Rubric

เกณฑ์การให้คะแนนแบบ Rubric นั้น สามารถกำหนดเกณฑ์เพื่อประเมินแฟ้มสะสมงานหรือแบบทดสอบก็ได้

กรมวิชาการ กระทรวงศึกษาธิการ (มปป. : 6) ได้กล่าวว่า การให้คะแนนแบบของ Rubric ก็คือการตอบคำถามว่านักเรียนทำอะไรได้สำเร็จหรือว่ามีระดับความสำเร็จในขั้นต่าง ๆ กัน หรือมีผลงานเป็นอย่างไรนั่นเอง การให้คะแนนแบบ Rubric มี 2 แบบ คือ

1. การให้คะแนนในภาพรวม (Holistic Score) คือการให้คะแนนงานชิ้นใดชิ้นหนึ่ง โดยดูภาพรวมของชิ้นงานว่ามีความเข้าใจความคิดรวบยอด การสื่อความหมาย กระบวนการที่ใช้และผลงานเป็นอย่างไร แล้วเขียนอธิบายคุณภาพของงานหรือความสำเร็จของงานเป็นขั้น ๆ โดยอาจจะแบ่งระดับคุณภาพตั้งแต่ 0 – 4 หรือ 0 – 6 สำหรับในขั้นต้นการให้คะแนน Rubric อาจจะแบ่งวิธีการให้คะแนนหลายวิธี เช่น

วิธีที่ 1 แบ่งตามคุณภาพเป็น 3 กอง คือ

- กองที่ 1 ได้แก่ งานที่มีคุณภาพเป็นพิเศษและเขียนอธิบายลักษณะของคนที่มีคุณภาพเป็นพิเศษ
- กองที่ 2 ได้แก่ งานที่ยอมรับได้และเขียนอธิบายลักษณะของงานที่ยอมรับได้
- กองที่ 3 ได้แก่ งานที่ยอมรับได้น้อย หรือยอมรับไม่ได้และเขียนอธิบายลักษณะของงานที่ยอมรับได้น้อย

จากนั้นก็นำงานแต่ละกองมาให้คะแนนเป็น 2 ระดับ คือ

งานกองที่ 1 จะให้คะแนน 6 หรือ 5

งานกองที่ 2 จะให้คะแนน 4 หรือ 3

งานกองที่ 3 จะให้คะแนน 2 หรือ 1

สำหรับงานที่แสดงว่าไม่ได้ใช้ความพยายามเลย ให้คะแนนเป็น 0

วิธีที่ 2 กำหนดตามระดับความผิดพลาด

พิจารณาความบกพร่องจากคำตอบว่ามีมากน้อยเพียงใด โดยจะหักจากรดับคะแนนสูงสุดลงมาถึงระดับ

ตัวอย่าง กระดาษขนาด 8 x 12 นิ้ว ต้องการนำเป็นกล่องสี่เหลี่ยมไม่มีฝา โดยตัดมุมทั้ง 4 ออกให้เป็นสี่เหลี่ยมจัตุรัสที่มีจำนวนเต็มของนิ้ว ควรจะตัดออกด้านละกี่นิ้ว โดยให้กล่องมีปริมาตรมากที่สุด

เกณฑ์การให้คะแนน

- 0 ไม่ตอบหรือตอบไม่ถูกเลย
- 1 แสดงวิธีคิดเล็กน้อยแต่ยังไม่ได้คำตอบ
- 2 เหตุผลหรือการคำนวณผิดพลาด แต่มีแนวทางที่จะนำไปสู่คำตอบ
- 3 คำตอบถูก เหตุผลถูกต้อง อาจมีข้อผิดพลาดเล็กน้อย
- 4 คำตอบถูก แสดงเหตุผลถูกต้อง แนวคิดชัดเจน

วิธีที่ 3 กำหนดระดับการยอมรับและคำอธิบายมาตรฐานวัดนี้บรรยายความสามารถการแสดงออกตั้งแต่ระดับ 0 ซึ่งต่ำสุดไปจนถึงระดับ 4 ซึ่งเป็นความสามารถสูงสุด โดยปกติระดับของ Rubric จะต้องมีการพิจารณาว่าระดับใดเป็นที่ยอมรับได้ จะเห็นได้ว่าตั้งแต่ระดับ 3 ขึ้นไปไม่มีคำอธิบายถึงการแสดงออกที่ยอมรับได้ เพราะนักเรียนแสดงออกถึงความเข้าใจที่สมบูรณ์ ครบถ้วน ถูกต้องในหลักการ ความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริงของงานหรือสถานการณ์ที่กำหนด

ตัวอย่าง การเสนอโครงการการศึกษาสภาพความเป็นอยู่ของคนจีนในเมืองไทย

เกณฑ์การให้คะแนน

- 4 ดีมาก แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในสภาพความเป็นอยู่อย่างชัดเจน มีข้อมูลที่สมบูรณ์และแสดงความคิดริเริ่มสร้างสรรค์อย่างเป็นระบบ และมีความเป็นไปได้
- 3 ดี แสดงความเข้าใจในสภาพความเป็นอยู่อย่างชัดเจน
- 2 ใช้ได้ แสดงความเข้าใจในสภาพความเป็นอยู่ไม่ชัดเจน ข้อมูลบกพร่อง
- 1 ใช้ไม่ได้ ข้อมูลไม่ครบถ้วน ขาดประเด็นที่สำคัญ
- 0 ไม่มีแนวคิดที่ชัดเจน

2. การให้คะแนนแบบแยกองค์ประกอบ (Analytic Score) เพื่อให้การมองคุณภาพงานหรือความสามารถของนักเรียนได้อย่างชัดเจน จึงได้มีการแยกองค์ประกอบของการให้คะแนนและอธิบายคุณภาพของงานในแต่ละองค์ประกอบเป็นระดับ โดยทั่วไปแล้วจะมีการแยกองค์ประกอบของงานเป็น 4 ด้าน คือ

2.1 ความเข้าใจในความคิดรวบยอด ข้อเท็จจริง เป็นการแสดงให้เห็นว่านักเรียนเข้าใจในความคิดรวบยอด หลักการในปัญหาที่ถามกระจ่างชัด

2.2 การสื่อความหมาย สื่อสาร คือความสามารถในการอธิบาย นำเสนอ การบรรยาย เหตุผล แนวคิด ให้ผู้อื่นเข้าใจได้มีความคิดสร้างสรรค์

2.3 การใช้กระบวนการและยุทธวิธี สามารถเลือกใช้ยุทธวิธี กระบวนการที่นำไปสู่ความสำเร็จได้อย่างมีประสิทธิภาพ

2.4 ผลสำเร็จของงาน ความถูกต้องแม่นยำในผลสำเร็จของงาน หรืออธิบายที่มาและตรวจสอบผลงาน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการศึกษางานวิจัยต่าง ๆ ในประเทศ พบว่า ได้มีผู้สนใจและทำการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไว้หลายท่านด้วยกัน ดังนี้

สุมาลี พิจิตรากุล (2518 : 61) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างกิริยาร่วมทางวาจากับการเรียนรู้ทักษะขั้นสูงของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพการศึกษา โดยการทดลองกับนักศึกษาวิทยาลัยครูธนบุรี ชั้นปีที่ 1 พบว่า เพศชาย และเพศหญิง มีทักษะเชิงซ้อนของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน

น้อยทิพย์ ศัตราศาสตร์ (2521 : 70 – 71) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของทักษะขั้นมูลฐาน ความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่างประชากรเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 300 คนที่กำลังศึกษาอยู่ในปีการศึกษา 2521 ผลการวิจัยพบว่า ทักษะขั้นมูลฐานมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

รุจี โรจนประศาสน์ (2523 : 38) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 เขตการศึกษา 2 จำนวน 640 คน ผลการวิจัยพบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นักเรียนที่มีทัศนคติทางวิทยาศาสตร์สูงมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีทัศนคติทางวิทยาศาสตร์ต่ำ กลุ่มนักเรียนที่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มนักเรียนที่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่ำ

ผกามาศ วรานุสันติกุล (2524 : 47 – 48) ได้ทำการศึกษาเพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ได้ทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โปรแกรมวิทยาศาสตร์ โรงเรียนรัฐบาล ในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 342 คน ผลปรากฏว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีความสัมพันธ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พีระศักดิ์ ไพศาลนันท์ (2525 : 46 – 47) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างขั้นตอนสติปัญญาการเรียนรู้อตามทฤษฎีเพียเจต์กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า สติปัญญาการเรียนรู้อตามทฤษฎีของเพียเจต์กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ประดิษฐ์ สนั่นเอื้อ (2527 : 66) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

เสียม วิไลวัฒน์ (2527 : 73 - 78) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 456 คน ปรากฏผลดังนี้คือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

อุทัย บุญมา (2529 : 60 - 66) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาในเชิงวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ระหว่าง

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ด้วยชุดการเรียนรู้ด้วยตนเอง และตามคู่มือครู สสวท. ผลปรากฏว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลอง สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และนักเรียนกลุ่มทดลองที่มีความสามารถในการเรียนสูง และปานกลางมีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีความสามารถต่ำอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

ชัยทศ จำเริญกุล (2532 : 46) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในจังหวัดสิงห์บุรี ที่ใช้แบบเรียนวิทยาศาสตร์ของ สสวท. พ.ศ.2531 จำนวน 589 คน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในจังหวัดสิงห์บุรี มีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานคิดเป็นร้อยละ 53.40 โดยแยกเป็นรายทักษะดังนี้ ทักษะการสังเกต ร้อยละ 59.13 ทักษะการใช้ความสัมพันธ์ ร้อยละ 45.50 ทักษะการจำแนกประเภท ร้อยละ 47.35 ทักษะการคำนวณ ร้อยละ 53.93 ทักษะการวัด ร้อยละ 52.65 ทักษะการลงความคิดเห็น ร้อยละ 47.58 ทักษะการพยากรณ์ ร้อยละ 56.68 ซึ่งจัดอยู่ในระดับต่ำ ส่วนทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ร้อยละ 64.08 จัดอยู่ในระดับปานกลาง

อาภรณ์ ศิลปดอนบม (2533 : 49) ได้ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดขอนแก่น โดยใช้กลุ่มตัวอย่างจำนวน 383 คน เป็นชาย 195 คน หญิง 188 คน โดยการสุ่มแบบแบ่งชั้น ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 มีระดับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลอยู่ในระดับปานกลาง
2. นักเรียนชายและนักเรียนหญิง มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ไม่แตกต่างกัน
3. นักเรียนชายและนักเรียนหญิงที่อยู่ในโรงเรียนที่มีขนาดแตกต่างกัน มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เกียรติคุณ กังวาลวงศ์ไพศาล (2533 : 54 – 55) ได้ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการสังเกตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดพิษณุโลก โดยใช้

กลุ่มตัวอย่างจำนวน 367 คน โดยสุ่มแบบแบ่งชั้น โดยแบ่งตามเพศ ขนาดโรงเรียน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนชายและนักเรียนหญิงมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการสังเกตไม่แตกต่างกัน และนักเรียนชายและนักเรียนที่อยู่ในโรงเรียนขนาดต่างกันจะมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการสังเกตแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนชายและนักเรียนหญิงที่อยู่ในโรงเรียนที่มีขนาดใหญ่จะมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการสังเกตมากกว่าโรงเรียนที่มีขนาดกลางและเล็ก

อดิศักดิ์ พงษ์ทรัพย์ (2534 : 51 – 53) ได้ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการตั้งสมมติฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 370 คน นักเรียนที่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับสูง ร้อยละ 65.44 และนักเรียนหญิงกับนักเรียนชายมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการตั้งสมมติฐานไม่แตกต่างกัน

สมพร ภูเจริญ (2535 : 38 – 39) ได้ศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดพิษณุโลก ปีการศึกษา 2534 จำนวน 952 คน จาก 35 โรงเรียน โดยการสุ่มแบบหลายชั้น ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดพิษณุโลกมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานอยู่ในระดับปานกลาง
2. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดพิษณุโลกที่เรียนในโรงเรียนเขตอำเภอเมืองและอำเภอรอบนอก มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยนักเรียนที่เรียนอยู่ในอำเภอมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานสูงกว่านักเรียนที่เรียนอยู่อำเภอรอบนอก
3. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ผู้ปกครองประกอบอาชีพต่างกันมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วิรัช ขันตยานุกุลกิจ (2536 : 45) ได้ศึกษาการทดลองใช้ชุดการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างเสริมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียนจำการบุญ จังหวัดพิษณุโลก กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 80 คน โดยแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มทดลอง 30 คน กลุ่มควบคุม 30 คน โดยวิธีแบบแบ่งกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้ชุดการสอนวิทยาศาสตร์เสริม มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันกับนักเรียนที่เรียนโดยไม่ใช้ชุดการสอนวิทยาศาสตร์เสริมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

สมาลี ดำรงไชย (2537 : 111 – 121) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอน โดยใช้แบบฝึกทักษะการทดลองจากวัสดุในท้องถิ่นกับการสอนตามคู่มือครู โดยกลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2536 ของโรงเรียนคณิตพิทยาคม อำเภอเมือง จังหวัดกำแพงเพชร จำนวน 60 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มตัวอย่างกลุ่มละ 30 คน ผลการศึกษาค้นคว้าปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทาง สถิติที่ระดับ .01

เขมิกัญจน์ ทองมา (2540 : 101 – 108) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ได้รับการสอนโดยการฝึกสร้างเกมวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์กับการสอนตามแนวของ สสวท. กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนโรงเรียนโสตศึกษา จังหวัดตาก อำเภอเมือง จำนวน 30 คน แบ่งเป็น กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมกลุ่มละ 15 คน ผลการศึกษาพบว่า ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม ไม่แตกต่างกันแต่ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

นอกจากการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแล้ว ยังมีการวิจัยที่สร้างแบบ ทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ที่สร้างขึ้นเพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบความสามารถ ทางการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ คือ

เสริม ทัดศรี (2522 : 23 – 43) สร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อต้องการวิเคราะห์ความสามารถทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในจังหวัดสงขลา ลักษณะข้อสอบเป็นแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก จำนวน 96 ข้อ วัดความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์ 12 ด้าน คือ การสังเกต การจำแนก การวัด การ อธิบาย การตั้งปัญหา การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การทดลอง การตีความหมายข้อมูล การสรุป การนำไปใช้ และการฝึกทักษะ คำนวณค่าความเชื่อมั่นด้วยสูตร KR – 20 ได้ค่าความ เชื่อมั่นแต่ละทักษะ ดังนี้ .3986, .3254, .4369, .3204, .4237, .3238, .3277, .3743, .3552, .4558, .3164 ตามลำดับ และค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ .8753 สรุปว่าทักษะเหล่านี้ น่าจะ มี 5 องค์ประกอบ องค์ประกอบที่ 1 ประกอบด้วย ความสามารถด้านการสังเกต องค์ประกอบที่ 2

ประกอบด้วย ความสามารถด้านการตีความและการลงสรุป องค์ประกอบที่ 3 ประกอบด้วย ความสามารถด้านการจำแนกและการตั้งปัญหา องค์ประกอบที่ 4 ประกอบด้วย ความสามารถด้านการพยากรณ์ การตั้งสมมติฐานและการนำไปใช้ องค์ประกอบที่ 5 ประกอบด้วย ความสามารถด้านการวัด การอธิบาย การทดลองและการฝึกทักษะ

ระวีวรรณ อังคนุรักษ์พันธ์ (2531 : บทคัดย่อ) สร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนสาธิต สังกัดทบวงมหาวิทยาลัย ของรัฐ จำนวน 1,095 คน ประกอบด้วยข้อคำถามที่วัดองค์ประกอบที่สำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 13 องค์ประกอบ คือ การวัดและการคำนวณ การลงความคิดเห็นจากข้อมูล การพยากรณ์ การตีความหมายข้อมูล การกำหนดและการควบคุมตัวแปร การนิยามเชิงปฏิบัติการ การลงสรุปข้อมูล การจัดกระทำและการสื่อความหมายข้อมูล และการสังเกต ผลการศึกษาพบว่า ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบมีค่าอยู่ในช่วง .21 ถึง .78 และ .20 ถึง .85 ตามลำดับ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบคำนวณโดยใช้สูตร KR - 20 พบว่า ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแต่ละองค์ประกอบมีค่าอยู่ในช่วง 0.2290 ถึง 0.5796 และรวมทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.8383 ซึ่งเป็นค่าความเชื่อมั่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ค่าความเที่ยงตรงโครงสร้างมีน้ำหนักองค์ประกอบอยู่ในช่วง 0.1972 ถึง 0.6202 ซึ่งเป็นค่าความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และเกณฑ์ปกติของแบบทดสอบมีค่าอยู่ในช่วง T_{15} ถึง T_{87}

วัฒนชัย จันทรวิโนกุล (2538 : บทคัดย่อ) สร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ที่มีคุณภาพสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของสำนักงานประถมศึกษาจังหวัดปทุมธานี กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2537 จำนวน 154 คน เลือกมาโดยการสุ่มแบบหลายขั้นตอน โดยทำการทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง 3 ครั้ง ดังนี้ ทดสอบครั้งที่ 1 และทดสอบครั้งที่ 2 เพื่อหาความยากและหาอำนาจจำแนกของข้อสอบ หาเวลาที่ใช้ในการสอบ คัดเลือกและปรับปรุงข้อสอบเป็นรายข้อ ทดสอบครั้งที่ 3 เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ

แบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานฉบับนี้ ประกอบด้วยข้อคำถามที่วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 8 ทักษะ คือ ทักษะการสังเกต ทักษะการวัด ทักษะการจำประเภท ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส และ

สเปกกับเวลา ทักษะการคำนวณ ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ทักษะการลง
ความคิดเห็นจากข้อมูลและทักษะการพยากรณ์

ผลการศึกษาพบว่า ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบมีค่าอยู่ในช่วง
0.21 ถึง 0.78 และ 0.23 ถึง 0.67 ตามลำดับ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบคำนวณโดยการ
ใช้สูตร แอลฟา พบว่า มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแต่ละทักษะ อยู่ในช่วง 0.436 ถึง
0.570 และรวมทั้งฉบับ มีค่าเท่ากับ 0.750 ค่าความเที่ยงตรงตามโครงสร้างของแบบทดสอบ
คำนวณโดยวิธี Multitrait Multimethod มีความเที่ยงตรงเหมือนสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ใน
ช่วง 0.559 ถึง 0.675 และมีความเที่ยงตรงเชิงจำแนกค่าสหสัมพันธ์อยู่ในช่วง -0.241 ถึง
0.542 และหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในของและทักษะและทั้งฉบับโดยใช้สูตรของ เพียร์สัน
มีค่ามีอยู่ในช่วง 0.268 ถึง 0.807 และ 0.577 ถึง 0.891 ตามลำดับ ซึ่งเป็นค่าความเที่ยงตรง
ตามโครงสร้างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีเกณฑ์ปกติของแบบทดสอบทั้งฉบับ
และแต่ละทักษะ

ส่วนงานวิจัยในต่างประเทศที่ผู้วิจัยใช้ศึกษาเป็นแนวทาง ในการสร้างแบบทดสอบใน
ครั้งนี้มีหลายท่าน เช่น มอริเตอร์ (Moriter. 0972 : 6241 – A – 6242 – A) ได้พัฒนาแบบ
ทดสอบประเมินผลทักษะด้านการสรุปอ้างอิง (Inference) การทำนาย (Predictor) และการ
ตรวจสอบ (Verification) ใช้ชื่อแบบทดสอบว่า Science Process Skills Test (SPST) แบบ
ทดสอบฉบับนี้ใช้ทดสอบนักเรียนโดยการสัมภาษณ์เป็นรายบุคคล จากผลการวิจัยครั้งนี้ ทำให้
ทราบแนวโน้มที่สามารถนำมาใช้ในการสร้างแบบทดสอบให้มีประสิทธิภาพได้ คือ ข้อสอบที่มี
ใจความเกี่ยวกับเรื่องที่นักเรียนคุ้นเคยมาก ๆ จะไม่สร้างแรงจูงใจเท่าที่ควรนักเรียนส่วนใหญ่มี
ประสบการณ์ด้านการแสดงความคิดเห็นมากกว่าการตรวจสอบความคิดเห็นแบบทดสอบ
ดังกล่าว สามารถนำไปใช้ประเมินผลนักเรียนได้เฉพาะในส่วนที่เป็นการวัด ทักษะการสรุปอ้างอิง
และการตรวจสอบ ส่วนแบบทดสอบวัดทักษะการทำนายจำเป็นต้องได้รับการปรับปรุงแก้ไข
เนื่องจากมีความเชื่อมั่นต่ำ ต่อมาโรบินสัน (Robinson. 1973 : 1522 – A) ได้พัฒนาแบบ
ทดสอบวัดทักษะด้านการควบคุมตัวแปร (Controlling Variables) และการแปลความหมาย
จากข้อมูล แบบทดสอบสองฉบับนี้เป็นแบบปรนัยเลือกตอบหรือจากการได้ทำนายวิเคราะห์เป็น
รายข้อแล้ว ได้นำข้อสอบที่มีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์กับ
คะแนนที่สอบได้เป็นรายบุคคล (Individual Test) ได้ค่าสหสัมพันธ์เป็น .66 แบบทดสอบอีก

ฉบับหนึ่ง ลูคแมน (Ludeman. 1974 : บทคัดย่อ) ได้พัฒนาแบบทดสอบ Development of Science Process Skills Test แล้วหาค่าความเที่ยงตรงโดยหาสัมประสิทธิ์กับเกณฑ์ภายนอก (External Criterion Referenced Validation) ทักษะที่ Ludeman เลือกมาใช้ในการสร้างแบบทดสอบมี 4 ทักษะ คือ ทักษะการแปลความหมายจากข้อมูล การควบคุมตัวแปร การสร้างสมมติฐาน และการสร้างนิยามเชิงปฏิบัติการ ลักษณะข้อสอบเป็นแบบปรนัย ชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 36 ข้อ ข้อคำถามส่วนใหญ่สร้างขึ้นจากสถานการณ์ที่เร้าความสนใจ โดยใช้ภาพถ่ายหรือตารางประกอบสถานการณ์บางสถานการณ์ใช้สำหรับคำถามมากกว่า 1 ข้อ แบบทดสอบที่พัฒนาขึ้นนี้มีความสัมพันธ์กับเกณฑ์ภายนอกคือ The Individual Competency Measures อยู่ในระดับสูงและแบบทดสอบอีกฉบับหนึ่งที่มีความเชื่อมั่นสูง สามารถนำไปใช้เป็นเกณฑ์ในการทำวิจัยเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คือ แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของ พีเรซ (Perez. 1978 : 3496 – A) สร้างขึ้นสำหรับใช้ในประเทศฟิลิปปินส์ ลักษณะของแบบทดสอบประกอบด้วย ทักษะการสังเกต 11 ข้อ การเปรียบเทียบ 6 ข้อ การหาจำนวน 8 ข้อ การวัด 13 ข้อ การจำแนกประเภท 11 ข้อ การลงข้อสรุป 7 ข้อ และการทดลอง 11 ข้อ เมื่อคำนวณค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ ด้วยสูตร $KR - 20$ ได้ .87 ค่าความยากง่ายเฉลี่ย .39

นอกจากงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น ยังมีการสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์บางฉบับ เช่น ดูเรน (Duren. 1978 : 24 – 25) กล่าวว่า Science Problem Solving Skill Test ของ Diet และ George ใช้สำหรับนักเรียนเกรด 1 – 3 ข้อสอบแต่ละข้อประกอบด้วยรูปภาพที่เหมาะสมกับสติปัญญาของเด็กแต่ละระดับ เกณฑ์ที่ใช้วัด คือ ความสามารถในการรวบรวมข้อมูล และความสามารถในการอธิบายข้อความเป็นเหตุเป็นผล แบบทดสอบอีกฉบับหนึ่ง เกี่ยวกับการแก้ปัญหา คือ X – 35 : Test of Problem Solving ซึ่งสร้างโดย Buttes ลักษณะข้อสอบ จัดทำเป็นแบบ A และแบบ B ใช้ประเมินพฤติกรรมการตั้งสมมติฐานในระยะเริ่มแรกการสร้างแบบทดสอบด้วยตัวแปรที่เป็นจริง การสร้าง การควบคุม การทดสอบสมมติฐานที่เที่ยงตรง และความพยายามที่จะตรวจสอบสมมติฐานวัดพฤติกรรมของนักเรียนโดยใช้การพิจารณาข้อมูล ที่นักเรียนเลือกมาจากชุดข้อมูลในแต่ละปัญหาที่กำหนดให้โดยผู้เชี่ยวชาญ ต่อมาปี 1985 เบิร์น และคนอื่น ๆ (Burns and others. 1985 : 169) ได้พัฒนาแบบทดสอบอีกฉบับหนึ่งชื่อว่า Development of a Integrated Process Skills Test :

TIPS 2 โดยมีจุดมุ่งหมาย เพื่อพัฒนาความเที่ยงตรงและความเชื่อมั่นของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น และตอนปลาย ลักษณะของแบบทดสอบมีจำนวน 36 ข้อ หลังจากทดสอบกับกลุ่มตัวอย่างได้คะแนนเฉลี่ยของแบบทดสอบ 19.14 ความเชื่อมั่นทั้งฉบับ .86 ความยากเฉลี่ย .53 ค่าอำนาจจำแนกเฉลี่ย .35 สัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแบบทดสอบแต่ละทักษะกับ TIPS 2 และ TIPS เป็น .86 และ .90 แบบทดสอบฉบับนี้ทำให้มีข้อสอบร่วมในการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น ในปีเดียวกัน โรส และเมเนส (Ross and Maynes. 1985 : 325 – 326) ได้พัฒนาแบบทดสอบปรนัยชนิดเลือกตอบโดยใช้พื้นฐานการเรียนรู้ตามลำดับขั้นที่แตกต่างกัน 7 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน การออกแบบการทดลอง การบันทึกและการสื่อความหมาย การลงความเห็นจากข้อมูล การสรุปและการตีความหมายข้อมูล ทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง 1,600 คน คำนวณความเชื่อมั่นแบบ Hoyt มีค่าอยู่ระหว่าง .58 - .69 ส่วนค่าความเชื่อมั่นแต่ละทักษะอยู่ระหว่าง .25 ถึง .45

จากผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยมีความประสงค์จะสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติ วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษา ซึ่งนอกจากจะสอดคล้องกับลักษณะของวิชาวิทยาศาสตร์แล้ว ซึ่งเป็นประโยชน์ในการพัฒนาและปรับปรุงการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษา โดยให้นักเรียนได้ปฏิบัติจริง

จากผลการวิจัยดังกล่าวข้างต้น ซึ่งนอกจากจะสอดคล้องกับลักษณะของวิชาวิทยาศาสตร์แล้ว ยังทำให้พบข้อบกพร่องด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอีกด้วย ซึ่งจะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาและปรับปรุงการเรียนการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษา โดยให้นักเรียนได้ปฏิบัติจริง

บทที่ 3

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

1. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
3. การเก็บรวบรวมข้อมูล
4. การจัดกระทำและการวิเคราะห์ข้อมูล

การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2543 ของโรงเรียนหนองโพวิทยา จังหวัดราชบุรี จำนวน 4 ห้องเรียน มีนักเรียนทั้งหมด 128 คน

การเลือกกลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2543 ของโรงเรียนหนองโพวิทยา จังหวัดราชบุรี จำนวน 2 ห้องเรียน มีนักเรียนทั้งหมด 60 คน ซึ่งเลือกมาโดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) มีห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม (Sampling Unit) ดังแสดงรายละเอียดในตาราง 1

ตาราง 1 จำนวนนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง

ห้องเรียน	จำนวนนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่าง (คน)
2/1	32
2/2	28
รวม	60

เหตุผลที่ผู้วิจัยใช้กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาค้นคว้านี้เพียง 60 คน เพราะการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ต้องสอบกับนักเรียนเป็นรายบุคคล และให้นักเรียนแสดงการปฏิบัติซึ่งต้องใช้เวลาในการสอบประมาณคนละ 120 นาที และในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้ใช้ผู้ประเมินถึง 2 คน ในการสังเกตและประเมินผลการปฏิบัติงานของนักเรียนแต่ละคนด้วย ถ้าผลการประเมินของผู้ประเมิน 2 คน แตกต่างกันมากก็จะทำการปรับปรุงเครื่องมือพร้อมปรับปรุงเกณฑ์การให้คะแนนมีความสอดคล้องกันมากขึ้น

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการค้นคว้าครั้งนี้เป็นแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะ ซึ่งเป็นแบบทดสอบของรองศาสตราจารย์ ดร. ส.วาสนา ประवालพฤกษ์ และแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเองดังนี้

1. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะ ซึ่งผู้วิจัยได้ใช้แบบทดสอบของ รองศาสตราจารย์ ดร. ส.วาสนา ประवालพฤกษ์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้นเพื่อใช้วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 13 ทักษะ โดยการประชุมปฏิบัติการอาจารย์ผู้สอนวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น จำนวน 5 คน จากโรงเรียนต่าง ๆ ในกรุงเทพมหานคร และจังหวัดใกล้เคียง ซึ่งแบ่งเป็นทักษะละ 3 ข้อ ยกเว้นทักษะการสังเกตที่มี 4 ข้อ ลักษณะของแบบทดสอบ เป็นข้อสอบปรนัยชนิดเลือกตอบ 5 ตัวเลือก ประกอบด้วยทักษะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 13 ทักษะ รวม 40 ข้อ ใช้เวลาในการทำ 50 นาที และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบมีค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) ตามสูตรของครอนบัค (Cronbach Alpha Procedure) (1951 : 218) เท่ากับ 0.93

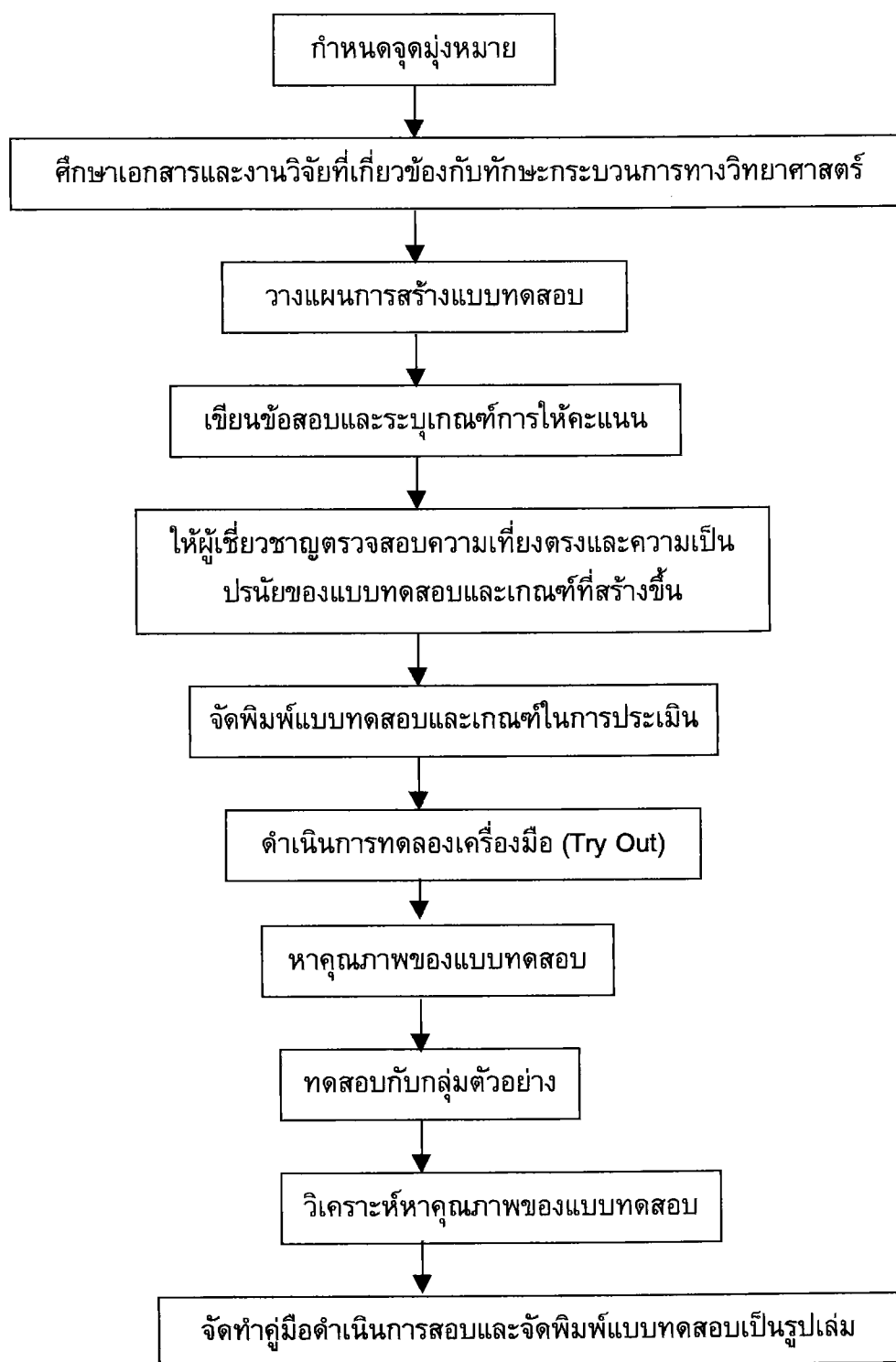
2. แบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเองซึ่งลักษณะของแบบทดสอบเป็นข้อสอบที่นักเรียนต้องปฏิบัติ และมีบันทึกผลจากการปฏิบัติ จำนวน 52 ข้อ โดยแบ่งเป็น 2 ฉบับ ดังนี้

ฉบับที่ 1 วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 6 ทักษะ โดยกำหนดเป็นสถานการณ์การทดลอง 1 สถานการณ์ จะมีกิจกรรมให้นักเรียนปฏิบัติ 1 ข้อ แต่ละทักษะมีข้อสอบทักษะละ 4 ข้อ ดังนั้นข้อสอบทั้งฉบับมี 24 สถานการณ์ มีกิจกรรมให้นักเรียนปฏิบัติ 24 ข้อ

ฉบับที่ 2 วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 2 ทักษะ คือ ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูลและทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล และทักษะขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ โดยกำหนดเป็นสถานการณ์การทดลอง 1 สถานการณ์ จะมีกิจกรรมให้นักเรียนปฏิบัติ 7 ข้อ ทักษะละ 1 ข้อ มีทั้งหมด 4 สถานการณ์ ดังนั้นจะมีกิจกรรมให้นักเรียนปฏิบัติทั้งหมด 28 ข้อ

วิธีดำเนินการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้ดำเนินการวิจัยได้ดำเนินการตามลำดับขั้น ดังแสดงในภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 ลำดับขั้นในการสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์

จากภาพประกอบ 1 มีรายละเอียดของขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. กำหนดจุดมุ่งหมายในการสร้างแบบทดสอบ
 - 1.1 เพื่อสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 - 1.2 เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบที่สร้างขึ้น
2. ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้เป็นแนวทางในการสร้างข้อสอบ
3. วางแผนสร้างข้อสอบ
 - 3.1 ศึกษาการสร้างและพัฒนาแบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะของสมาคมวิทยาศาสตร์ขั้นสูง ของสหรัฐอเมริกา (American Association For The Advancement of Science) และสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
 - 3.2 เขียนนิยามปฏิบัติการตามคุณลักษณะที่จะวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะ
4. การเขียนข้อสอบ
 - 4.1 ลักษณะของแบบทดสอบเป็นแบบทดสอบภาคปฏิบัติ ทดสอบเป็นรายบุคคล โดยใช้สถานการณ์ที่เป็นการกำหนดกิจกรรมให้นักเรียนปฏิบัติ และเป็นสถานการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันในเรื่องเกี่ยวกับการเรียนและเรื่องทั่ว ๆ ไป โดยยึดหลักชุดกิจกรรมการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ของ ดร.วรรณทิพา รอดแรงคำ โดยแบ่งทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็น 2 ชั้น คือ ชั้นพื้นฐาน 8 ทักษะ และชั้นบูรณาการ 5 ทักษะ ตามที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้กำหนดไว้ ซึ่งแบบทดสอบจะมี 2 ฉบับ โดยที่
 - ฉบับที่ 1 จะวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 6 ทักษะ ดังนี้
 - ทักษะการสังเกต
 - ทักษะการวัด
 - ทักษะการคำนวณ
 - ทักษะการจำแนกประเภท
 - ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส และสเปกกับเวลา
 - ทักษะการพยากรณ์

ฉบับที่ 2 จะวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 2 และขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ ดังนี้

- ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล
- ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล

ขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ

- ทักษะการตั้งสมมติฐาน
- ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร
- ทักษะการตีความหมายและการลงสรุปข้อมูล
- ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ
- ทักษะการทดลอง

5. ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบคุณภาพขั้นต้นของแบบทดสอบด้านความเที่ยงตรงเชิงพินิจ (Face Validity) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญซึ่งเป็นผู้จบอย่างน้อยปริญญาโทสาขาวัดผลการศึกษาและผู้สอนวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 5 ท่าน เป็นผู้พิจารณา ผลปรากฏว่าข้อสอบฉบับที่ 1 จำนวน 40 ข้อตัดทิ้ง 6 ข้อ ข้อสอบฉบับที่ 2 จำนวน 28 ข้อ ตัดทิ้ง 4 ข้อ

6. กำหนดเกณฑ์ในการให้คะแนน ซึ่งในที่นี้ใช้เกณฑ์การให้คะแนนแบบ Rubric ประเภทแบบภาพรวมในการให้คะแนน ในการปฏิบัติงานของแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะ

7. ให้ผู้เชี่ยวชาญชุดเดิมพิจารณาความเป็นปรนัยของเกณฑ์การให้คะแนน แล้วปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

8. จัดพิมพ์แบบทดสอบภาคปฏิบัติ และเกณฑ์ในการให้คะแนนเพื่อนำไปทดลองใช้ กำหนดแผนบริหารการสอบ ได้แก่ คำชี้แจง ข้อแนะนำ แผนงานดำเนินการทดสอบ

9. นำแบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างจำนวน 32 คน โดยแยกการทดสอบออกเป็น 2 ครั้ง โดยมีขั้นตอน ดังนี้

9.1 การทดสอบครั้งที่ 1 ให้นักเรียนนำแบบทดสอบภาคปฏิบัติที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ฉบับที่ 1 โดยใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 90 นาที

9.2 เว้นระยะห่างจากการทดสอบครั้งที่ 1 1 วัน แล้วทำการทดสอบครั้งที่ 2 โดยใช้ นักเรียนกลุ่มทดลองเพื่อทำแบบทดสอบการปฏิบัติฉบับที่ 2 โดยใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 120 นาที

ในการทดสอบทั้ง 2 ครั้ง ผู้วิจัยได้ใช้ผู้ประเมิน 2 คน ในการสังเกตและประเมินผลการปฏิบัติงานของนักเรียนแต่ละคน

10. นำผลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ คือ

10.1 หาจุดอ่อนหรือข้อบกพร่องของแบบทดสอบ เช่น การใช้ภาษาในคำชี้แจงภาษาในข้อสอบ เป็นต้น

10.2 การกำหนดเวลาในการให้นักเรียนทำแบบทดสอบ โดยใช้เวลาที่นักเรียนร้อยละ 90 ทำข้อสอบเสร็จ คือ 120 นาที

10.3 หาข้อบกพร่องในวิธีดำเนินการสอบ

10.4 หาค่าอำนาจจำแนกรายข้อและหาค่าความยากง่ายรายข้อโดยใช้สูตรการคำนวณของวิทนี และซาเบอส์

10.5 คัดเลือกข้อที่มีความยากง่าย ระหว่าง .20 ถึง .80 และมีอำนาจจำแนกสูงคือตั้งแต่ .20 ขึ้นไปได้

11. นำแบบทดสอบที่มีคุณภาพหลังจากได้ทำการทดลองแล้วไปสอบวัดกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2543 ของโรงเรียนหนองโพวิทยา อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี จำนวน 60 คน โดยมีขั้นตอน ดังนี้

11.1 แบ่งนักเรียนห้อง 2/1 เป็นกลุ่มย่อยกลุ่มละ 16 คน 2 กลุ่ม ห้อง 2/2 แบ่งกลุ่มละ 14 คน แบ่งนักเรียนห้อง 2/1 และ 2/2 ทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ทั้ง 13 ทักษะของรองศาสตราจารย์ ส.วาสนา ประवालพฤษ

11.2 ให้นักเรียนทำแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นทั้ง 2 ฉบับ โดยแบ่งการทดสอบเป็น 4 ครั้ง ดังนี้

ครั้งที่ 1 ห้อง 2/1 ทำแบบทดสอบภาคปฏิบัติ ฉบับที่ 1

ครั้งที่ 2 ห้อง 2/2 ทำแบบทดสอบภาคปฏิบัติ ฉบับที่ 2

ครั้งที่ 3 ห้อง 2/1 ทำแบบทดสอบภาคปฏิบัติ ฉบับที่ 2

ครั้งที่ 4 ห้อง 2/2 ทำแบบทดสอบภาคปฏิบัติ ฉบับที่ 1

ซึ่งในการทดสอบแต่ละครั้งนักเรียนในห้อง 2/1 และ 2/2 จะต้องทำการทดสอบภาคปฏิบัติทั้ง 2 ฉบับ ทีละคน และทำการเว้นระยะห่างในการสอบแต่ละครั้งประมาณ 1 วัน โดยมีผู้ประเมิน 2 คน ในการสังเกตและประเมินผลการปฏิบัติงานของนักเรียนแต่ละคน

12. นำผลที่ได้จากการทดสอบมาวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบ ดังนี้

12.1 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α - Coefficient)

12.2 ค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์การอ้างอิง

12.3 ค่าความเที่ยงตรงเชิงสภาพ (Construct Validity) โดยการประมาณค่าจากการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ ระหว่างคะแนนจากแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์กับคะแนนจากแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทั้ง 13 ทักษะ ของรองศาสตราจารย์ ดร.ส.วาสนา ประवालพฤษช์ ด้วยวิธี หลายคุณลักษณะหลายวิธีการ (Multitrait multimethod)

13. จัดทำคู่มือดำเนินการสอบและจัดพิมพ์เป็นรูปเล่ม

ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ฉบับที่ 1 แบบทดสอบภาพปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน
ทักษะการสังเกต

อุปกรณ์

1. ก้อนกรวด, ทราย, ถั่วเขียว, ลูกบิดพลาสติกและลูกกลมทำด้วยโลหะ
2. ขวด 5 ใบ

วิธีการทดลอง

1. ให้นักเรียนนำวัตถุต่าง ๆ ที่กำหนดให้ใส่ลงในขวดพลาสติกและให้นักเรียนทำการเขย่าวัตถุนั้นและฟังลักษณะต่าง ๆ ของเสียงที่ได้ยินลงในแบบบันทึกผลการทดลอง

แบบบันทึกผลการทดลองเรื่องการสังเกต

สถานการณ์ที่ 1

วัตถุที่เขย่า	ลักษณะของเสียง	ประสาทสัมผัสที่ใช้

ทักษะการวัดและการคำนวณ

สถานการณ์ที่ 1

อุปกรณ์

1. ไม้บรรทัด
2. เหรียญ 5 บาท และเหรียญ 10 บาท
3. เส้นด้าย

วิธีการทดลอง

1. ให้นักเรียนวัดเส้นรอบรูป เส้นผ่านศูนย์กลาง ความหนาของเหรียญ 5 บาท และเหรียญ 10 บาท และทำการบันทึกผลการวัดลงในแบบบันทึกผลการทดลอง
2. ให้นักเรียนแสดงวิธีการหาค่าเฉลี่ยของขนาดที่วัดได้

แบบบันทึกผลการทดลองเรื่องการวัดและการคำนวณ

สิ่งที่วัด	ปริมาณที่วัด	ขนาดที่วัดได้				เครื่องมือที่ใช้วัด	หน่วยของการวัด
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย		
เหรียญ 5 บาท	-เส้นรอบรูป						
	-เส้นผ่านศูนย์กลาง						
	-ความหนา						
เหรียญ 10 บาท	-เส้นรอบรูป						
	-เส้นผ่านศูนย์กลาง						
	-ความหนา						

ทักษะการจำแนกประเภท

สถานการณ์ที่ 1

อุปกรณ์ หินประเภทต่าง ๆ หินแกรนิต, หินชั้น, หินปูน, หินดินดานและหินทราย

วิธีการทดลอง

- จากหินที่กำหนดให้ ให้นักเรียนจำแนกหินออกเป็นกลุ่ม ๆ โดยบอกเกณฑ์ที่นักเรียนใช้ในการจำแนกประเภทพร้อมทั้งบันทึกผลการทดลอง

แบบบันทึกผลการทดลองเรื่องการจำแนกประเภท

สถานการณ์ที่ 1

กลุ่ม	เกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกประเภท

ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา

อุปกรณ์

1. รูปลูกบาศก์
2. รูปทรงกลม
3. รูปกรวย
4. รูปไข่
5. รูปทรงกระบอก
6. รูปทรงปิรามิด
7. รูปวงรี
8. รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า
9. รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส

วิธีการทดลอง

จากอุปกรณ์ที่กำหนดให้ ให้นักเรียนบอกชื่อรูป 2 มิติ และ 3 มิติ ลงในแบบบันทึกผลการทดลอง

รูป 2 มิติ	รูป 3 มิติ

ทักษะการพยากรณ์

สถานการณ์ที่ 1

- อุปกรณ์ 1. ลูกตุ้มยาว 20, 25, 30, 35, 40 ซม.
2. นาฬิกา

วิธีการทดลอง

ให้นักเรียนแกว่งลูกตุ้มที่มีความยาวแตกต่างกันภายในเวลา 1 นาที แล้วนับจำนวนรอบที่แกว่งภายในเวลา 1 นาที แล้วบันทึกผลการทดลอง

แบบบันทึกผลการทดลองเรื่องการพยากรณ์

สถานการณ์ที่ 1

ความยาวของลูกตุ้ม (CM)	ความถี่ของการแกว่ง (จำนวนรอบ/นาที)
20	
25	
30	
35	
40	

- ให้นักเรียนทำนายความถี่ของการแกว่งเมื่อความยาวของลูกตุ้มเป็น 45 ซม.
- ให้นักเรียนทำนายความถี่ของการแกว่งเมื่อความยาวของลูกตุ้มเป็น 50 ซม.
- ให้นักเรียนทำนายความยาวของลูกตุ้มเมื่อความถี่ของการแกว่งเป็น 19 รอบ/นาที
- ให้นักเรียนทำนายความยาวของลูกตุ้มเมื่อความถี่ของการแกว่งเป็น 17 รอบ/นาที

ฉบับที่ 2 แบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 2 ทักษะ และขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ ซึ่งแบบทดสอบฉบับนี้จะมี 4 สถานการณ์ และในแต่ละสถานการณ์ประกอบด้วยกิจกรรม 7 กิจกรรม

สถานการณ์ที่ 1 เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำจะขึ้นกับปริมาณการเพิ่มสารที่ละลายในน้ำหรือไม่

กิจกรรมที่ 1 - จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ นักเรียนจะตั้งสมมติฐานของการทดลองได้อย่างไร

.....

.....

กิจกรรมที่ 2 เพื่อเป็นการตรวจสอบสมมติฐาน ให้นักเรียนเลือกวัสดุอุปกรณ์จากรายการต่อไปนี้ เพื่อใช้ในการทดลอง

- กระจกนูนขนาดเท่ากัน 2 ใบ
- ไขไก่หรือไขเป็ด 2 ฟอง
- ตะเกียงแอลกอฮอล์ 2 ดวง
- ตะเกียงหลอดพร้อมที่กั้น 2 ชุด
- เทอร์โมมิเตอร์ 2 อัน
- กระจกปิดฝาครอบ 1 แผ่น
- ไมซ์ไฟ 1 กลัด
- กระดาษลิตมัส

- แท่งแก้วคนสาร 1 อัน
- หลอดจี้ดยาขนาด 12 ลูกบาศก์เซนติเมตร

ให้นักเรียนเขียนชื่อวัสดุอุปกรณ์ที่เลือกลงในรายการข้างล่างนี้ และให้นักเรียนเขียนวิธีการทดลองเป็นลำดับขั้นที่เข้าใจง่าย

วัสดุอุปกรณ์

.....

.....

.....

.....

วิธีการทดลอง.....

.....

.....

.....

.....

กิจกรรมที่ 3 : ให้นักเรียนระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่ควบคุม

ตัวแปรต้น

ตัวแปรตาม.....

ตัวแปรที่ควบคุม

กิจกรรมที่ 4 : ให้นักเรียนปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่นักเรียนออกแบบไว้ หลังจากนั้นทำการบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองตามรูปแบบที่นักเรียนคิดว่าเหมาะสมและได้ใจความสมบูรณ์

ผลการทดลอง

.....

.....

.....

.....

กิจกรรมที่ 5 : จากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ให้นักเรียนเขียนบรรยายลักษณะของ
ข้อมูลที่ได้จากการทดลองพร้อมทั้งให้เหตุผลด้วยการสังเกตนั้น

.....

.....

.....

.....

กิจกรรมที่ 6 : ให้นักเรียนทำการสรุปผลการทดลอง

สรุปผลการทดลอง

.....

.....

.....

กิจกรรมที่ 7 : ให้นักเรียนให้คำนิยามเชิงปฏิบัติการของคำว่า

พลังงานความร้อน คือ

.....

.....

ตัวอย่างแบบประเมินทักษะการปฏิบัติของแบบทดสอบฉบับที่ 1 และ 2

คำชี้แจง ให้ท่านพิจารณาพฤติกรรมในการปฏิบัติทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนว่าปฏิบัติได้เหมาะสมตามเกณฑ์การให้คะแนน หรือไม่ แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องคะแนน

ตาราง 2 แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 1

พฤติกรรมการปฏิบัติ	ระดับคะแนน				
	4	3	2	1	0
1. ทักษะการสังเกต					
2. ทักษะการวัด					
3. ทักษะการคำนวณ					
4. ทักษะการจำแนกประเภท					
5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา					
6. ทักษะการพยากรณ์					

ตาราง 3 แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 2

พฤติกรรมการปฏิบัติ	ระดับคะแนน				
	4	3	2	1	0
7. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล					
8. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล					
9. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร					
10. ทักษะการตีความข้อมูลและลงสรุปข้อมูล					
11. ทักษะการตั้งสมมติฐาน					
12. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ					
13. ทักษะการทดลอง					

เกณฑ์การให้คะแนนแบบ Rubric ของแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

เกณฑ์การให้คะแนน

ทักษะการสังเกต สถานการณ์ที่ 1

- บอกลักษณะของเสียงที่เขย่าได้ถูกต้อง 4 ชนิดขึ้นไป ให้ 4 คะแนน
- บอกลักษณะของเสียงที่เขย่าได้ถูกต้อง 3 ชนิดขึ้นไป ให้ 3 คะแนน
- บอกลักษณะของเสียงที่เขย่าได้ถูกต้อง 2 ชนิดขึ้นไป ให้ 2 คะแนน
- บอกลักษณะของเสียงที่เขย่าได้ถูกต้อง 1 ชนิดขึ้นไป ให้ 1 คะแนน
- บอกลักษณะของเสียงที่เขย่าผิดหรือไม่สามารถบอกลักษณะของเสียงได้ ให้ 0

คะแนน

ทักษะการสังเกต สถานการณ์ที่ 2

- บอกลักษณะของกลิ่นได้ถูกต้อง 3 กลิ่น (กลิ่นแอมโมเนีย, น้ำมะนาว, น้ำส้มสายชู) และสามารถบอกได้ว่าน้ำมะนาวและน้ำส้มสายชูมีกลิ่นใกล้เคียงกัน ให้ 4 คะแนน
- บอกลักษณะของกลิ่นได้ถูกต้อง 3 กลิ่น แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าสารในหลอดใดมีกลิ่นใกล้เคียงกัน ให้ 3 คะแนน
- บอกลักษณะของกลิ่นได้ถูกต้อง 2 กลิ่น แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าสารในหลอดใดมีกลิ่นเดียวกัน ให้ 2 คะแนน
- บอกลักษณะของกลิ่นได้ถูกต้อง 1 กลิ่น แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าสารในหลอดใดมีกลิ่นเดียวกัน ให้ 1 คะแนน
- บอกลักษณะของกลิ่นผิดทั้งกลิ่นหรือไม่เขียนคำตอบ ให้ 0 คะแนน

ทักษะการสังเกต - สถานการณ์ที่ 3

- บอกลักษณะของอุปกรณ์ที่ให้สังเกตในเชิงคุณภาพและปริมาณถูกต้อง 3 ลักษณะขึ้นไป ให้ 4 คะแนน
- บอกลักษณะของอุปกรณ์ที่ให้สังเกตในเชิงคุณภาพและปริมาณถูกต้อง 2 ลักษณะขึ้นไป ให้ 3 คะแนน

- บอกลักษณะของอุปกรณ์ที่ให้สังเกตในเชิงคุณภาพและปริมาณถูกต้อง 3 ลักษณะขึ้นไป ให้ 2 คะแนน

- บอกลักษณะของอุปกรณ์ที่ให้สังเกตในเชิงคุณภาพและปริมาณถูกต้อง 2 ลักษณะขึ้นไป ให้ 1 คะแนน

- บอกลักษณะของอุปกรณ์ที่ให้สังเกตในเชิงคุณภาพและปริมาณผิดทุกลักษณะหรือไม่เขียนคำตอบ ให้ 0 คะแนน

ทักษะการสังเกต - สถานการณ์ที่ 4

- บอกลักษณะของอุปกรณ์ที่ให้สังเกตในเชิงคุณภาพและปริมาณทั้ง 4 ลักษณะขึ้นไป ในทั้ง 3 ช่วง ให้ 4 คะแนน

- บอกลักษณะของอุปกรณ์ที่ให้สังเกตในเชิงคุณภาพและปริมาณทั้ง 3 ลักษณะขึ้นไป ในทั้ง 3 ช่วง ให้ 3 คะแนน

- บอกลักษณะของอุปกรณ์ที่ให้สังเกตในเชิงคุณภาพและปริมาณทั้ง 2 ลักษณะขึ้นไป ในทั้ง 3 ช่วง ให้ 2 คะแนน

- บอกลักษณะของอุปกรณ์ที่ให้สังเกตในเชิงคุณภาพและปริมาณทั้ง 1 ลักษณะขึ้นไป ในทั้ง 3 ช่วง ให้ 1 คะแนน

- บอกลักษณะของอุปกรณ์ที่ให้สังเกตในเชิงคุณภาพและปริมาณผิดทุกลักษณะหรือไม่เขียนคำตอบ ให้ 0 คะแนน

ทักษะการวัด - สถานการณ์ที่ 1

- อ่านค่าถูกต้องหรือคลาดเคลื่อน 0.2 เซนติเมตร , เลือกเครื่องมือที่ใช้วัดและเขียนหน่วยกำกับได้ถูกต้องทั้ง 2 ชนิด ให้ 4 คะแนน

- อ่านค่าถูกต้องหรือคลาดเคลื่อน 0.2 เซนติเมตร , เลือกเครื่องมือที่ใช้วัดและเขียนหน่วยกำกับได้ถูกต้องทั้ง 1 ชนิด ให้ 3 คะแนน

- อ่านค่าถูกต้องหรือคลาดเคลื่อน 0.2 เซนติเมตร , เลือกเครื่องมือที่ใช้วัดไม่ถูกต้อง ให้ 1 คะแนน

- อ่านค่าถูกต้องหรือคลาดเคลื่อน ± 0.2 เซนติเมตร แต่เลือกเครื่องมือที่ใช้วัดไม่ถูกต้อง ให้ 1 คะแนน

- อ่านค่าความคลาดเคลื่อนมากกว่า ± 0.2 เซนติเมตร เลือกเครื่องมือที่ใช้วัดไม่ถูกต้อง ไม่เขียนคำตอบ ให้ 0 คะแนน

ทักษะการวัด - สถานการณ์ที่ 2

- อ่านค่าถูกต้องหรือคลาดเคลื่อน ± 0.2 มิลลิเมตร เขียนหน่วยกำกับได้ถูกต้องและแสดงวิธีการวัดปริมาตรของวัตถุได้ถูกต้อง ทั้ง 2 วัตถุ ให้ 4 คะแนน

- อ่านค่าถูกต้องหรือคลาดเคลื่อน ± 0.2 มิลลิเมตร เขียนหน่วยกำกับได้ถูกต้องและแสดงวิธีการวัดปริมาตรของวัตถุได้ถูกต้อง 1 วัตถุ ให้ 3 คะแนน

- อ่านค่าถูกต้องหรือคลาดเคลื่อน ± 0.2 มิลลิเมตร เขียนหน่วยกำกับได้ถูกต้องแต่แสดงวิธีการวัดปริมาตรไม่ถูกต้อง ให้ 2 คะแนน

- อ่านค่าคลาดเคลื่อนมากกว่า ± 0.2 มิลลิเมตร และแสดงวิธีการวัดปริมาตรไม่ถูกต้อง หรือไม่เขียนคำตอบ ให้ 0 คะแนน

ทักษะการวัด - สถานการณ์ที่ 3

- อ่านค่าถูกต้องหรือคลาดเคลื่อน ± 0.2 °C เขียนหน่วยกำกับได้ถูกต้องและเลือกเครื่องมือที่ใช้วัดได้ถูกต้อง 4 ช่วงเวลาขึ้นไป ให้ 4 คะแนน

- อ่านค่าถูกต้องหรือคลาดเคลื่อน ± 0.2 °C เขียนหน่วยกำกับได้ถูกต้องและเลือกเครื่องมือที่ใช้วัดได้ถูกต้อง 3 ช่วงเวลาขึ้นไป ให้ 3 คะแนน

- อ่านค่าถูกต้องหรือคลาดเคลื่อน ± 0.2 °C เขียนหน่วยกำกับได้ถูกต้องและเลือกเครื่องมือที่ใช้วัดได้ถูกต้อง 2 ช่วงเวลาขึ้นไป ให้ 2 คะแนน

- อ่านค่าถูกต้องหรือคลาดเคลื่อน ± 0.2 °C เขียนหน่วยกำกับได้ถูกต้องและเลือกเครื่องมือที่ใช้วัดได้ถูกต้อง 1 ช่วงเวลาขึ้นไป ให้ 1 คะแนน

- อ่านค่าคลาดเคลื่อนมากกว่า ± 0.2 °C และเลือกเครื่องมือที่ใช้วัดไม่ถูกต้องทุกช่วงเวลา หรือไม่เขียนคำตอบ ให้ 0 คะแนน

ทักษะการวัด - สถานการณ์ที่ 4

- อ่านค่าถูกต้องหรือคลาดเคลื่อน ± 0.2 C และเขียนหน่วยกำกับได้ถูกต้อง ทั้ง 3 ข้อ ให้ 4 คะแนน
- อ่านค่าถูกต้องหรือคลาดเคลื่อน ± 0.2 C และเขียนหน่วยกำกับได้ถูกต้อง ทั้ง 2 ข้อ ให้ 3 คะแนน
- อ่านค่าถูกต้องหรือคลาดเคลื่อน ± 0.2 C และเขียนหน่วยกำกับได้ถูกต้อง ทั้ง 1 ข้อ ให้ 2 คะแนน
- อ่านค่าถูกต้องหรือคลาดเคลื่อน ± 0.2 C แต่เขียนหน่วยกำกับไม่ถูกต้อง ให้ 1 คะแนน
- อ่านค่าคลาดเคลื่อนมากกว่า ± 0.2 C หรือไม่เขียนคำตอบ ให้ 0 คะแนน

ทักษะการคำนวณ - สถานการณ์ที่ 1

- ให้ 4 คะแนน เมื่อ
 1. สามารถหาผลรวมของเส้นรอบรูป, เส้นผ่านศูนย์กลาง และความหนาของเหรียญ 5 และเหรียญ 10 ได้ถูกต้อง
 2. สามารถหาจำนวนครั้งที่นำอาหารผลรวมของเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาของเหรียญ 5 และเหรียญ 10 ได้ถูกต้อง
 3. สามารถแสดงวิธีการหาค่าเฉลี่ยได้ถูกต้อง
 4. สามารถหาค่าเฉลี่ยของเส้นรอบรูป, เส้นผ่านศูนย์กลาง และความหนาของเหรียญ 5 และเหรียญ 10 บาท
- ให้ 3 คะแนน เมื่อ
 1. สามารถหาผลรวมของเส้นรอบรูป, เส้นผ่านศูนย์กลาง และความหนาของเหรียญ 5 และเหรียญ 10 ได้ถูกต้อง
 2. สามารถหาจำนวนครั้งที่นำอาหารผลรวมของเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาของเหรียญ 5 และเหรียญ 10 ได้ถูกต้อง
 3. สามารถแสดงวิธีการหาค่าเฉลี่ยได้ถูกต้อง แต่คำตอบของค่าเฉลี่ยไม่ถูกต้อง

- ให้ 2 คะแนน เมื่อ 1. สามารถหาผลรวมของเส้นรอบรูป, เส้นผ่านศูนย์กลาง และความหนาของเหรียญ 5 และเหรียญ 10 ได้ถูกต้อง
- 2. สามารถหาจำนวนครั้งที่นำอาหารผลรวมของเส้นผ่านศูนย์กลางและความหนาของเหรียญ 5 , 10 ได้ถูกต้อง
- ให้ 1 คะแนน เมื่อ 1. สามารถหาผลรวมของเส้นรอบรูป, เส้นผ่านศูนย์กลาง และความหนาของเหรียญ 5 , 10 ได้ถูกต้อง
- ให้ 0 คะแนน เมื่อ ไม่สามารถหาผลรวมของเส้นรอบรูป, เส้นผ่านศูนย์กลาง และความหนาของเหรียญ 5 , 10 ได้ หรือไม่เขียนคำตอบ

ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส : สถานการณ์ที่ 1

- ตอบรูป 2 มิติได้ถูกต้อง 3 รูป และบอกรูป 3 มิติ ได้ถูกต้อง 6 รูป ให้ 4 คะแนน
- ตอบรูป 2 มิติได้ถูกต้อง 3 รูป และบอกรูป 3 มิติ ได้ถูกต้อง 5 รูป ให้ 3 คะแนน
- ตอบรูป 2 มิติได้ถูกต้อง 2 รูป และบอกรูป 3 มิติ ได้ถูกต้อง 4 รูป ให้ 2 คะแนน
- ตอบรูป 2 มิติได้ถูกต้อง 2 รูป และบอกรูป 3 มิติ ได้ถูกต้อง 3 รูป ให้ 1 คะแนน
- ตอบรูป 2 มิติผิดทุกรูป หรือตอบรูป 3 มิติผิดทุกรูป หรือไม่เขียนคำตอบ ให้ 0 คะแนน

ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส : สถานการณ์ที่ 2

- บอกลักษณะและขนาดของภาพอักษรได้ถูกต้อง ทั้ง 4 ตำแหน่ง ให้ 4 คะแนน
- บอกลักษณะและขนาดของภาพอักษรได้ถูกต้อง ทั้ง 3 ตำแหน่ง ให้ 3 คะแนน
- บอกลักษณะและขนาดของภาพอักษรได้ถูกต้อง ทั้ง 2 ตำแหน่ง ให้ 2 คะแนน
- บอกลักษณะและขนาดของภาพอักษรได้ถูกต้อง ทั้ง 1 ตำแหน่ง ให้ 1 คะแนน
- บอกลักษณะและขนาดของภาพอักษรผิด 4 ตำแหน่ง ให้ 0 คะแนน

ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส : สถานการณ์ที่ 3

- บอกลักษณะของรูปหน้าตัดได้ถูกต้องทั้ง 4 วัตถุ ให้ 4 คะแนน
- บอกลักษณะของรูปหน้าตัดได้ถูกต้องทั้ง 3 วัตถุ ให้ 3 คะแนน

- บอกลักษณะของรูปหน้าตัดได้ถูกต้องทั้ง 1 วัตถุ ให้ 2 คะแนน
- บอกลักษณะของรูปหน้าตัดได้ถูกต้องทั้ง 1 วัตถุ ให้ 1 คะแนน
- บอกลักษณะของรูปหน้าตัดผิดทั้ง 4 วัตถุ ให้ 0 คะแนน

ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกับสเปส : สถานการณ์ที่ 4

- บอกลักษณะเงาของรูปทรงกรวยครบ 2 ลักษณะ และของรูปทรงกระบอกครบ 2 ลักษณะ ให้ 4 คะแนน
- บอกลักษณะเงาของรูปทรงกรวยครบ 2 ลักษณะ และของรูปทรงกระบอก 1 ลักษณะ หรือ
- บอกลักษณะเงาของรูปทรงกรวยครบ 1 ลักษณะ และของรูปทรงกระบอกครบ 2 ลักษณะ ให้ 3 คะแนน
- บอกลักษณะเงาของรูปทรงกรวยครบ 2 ลักษณะ และของรูปทรงกระบอกครบ 2 ลักษณะ ให้ 2 คะแนน
- บอกลักษณะเงาของรูปทรงกรวยครบ 1 ลักษณะ และของรูปทรงกระบอกครบ 1 ลักษณะ ให้ 1 คะแนน
- บอกลักษณะเงาของรูปทรงกรวยหรือรูปทรงกระบอกผิดทุกลักษณะ หรือไม่เขียนคำตอบ ให้ 0 คะแนน

ทักษะการพยากรณ์ : สถานการณ์ที่ 1 – 3

- ในแต่ละข้อย่อย คำตอบถูก ให้ 1 คะแนน
- ในแต่ละข้อย่อย คำตอบผิด ให้ 0 คะแนน

ทักษะการพยากรณ์ : สถานการณ์ที่ 4

- ผลการทดลองถูกต้องครบทั้ง 3 ข้อ และตอบคำถามในแต่ละข้อย่อยได้ถูกต้องครบทั้ง 3 ข้อ ให้ 4 คะแนน
- ผลการทดลองถูกต้องครบทั้ง 3 ข้อ และตอบคำถามในแต่ละข้อย่อยได้ถูกต้องครบทั้ง 2 ข้อ ให้ 3 คะแนน

- ผลการทดลองถูกต้องครบทั้ง 3 ข้อ และตอบคำถามในแต่ละข้อย่อยได้ถูกต้องครบทั้ง 1 ข้อ ให้ 2 คะแนน

- ผลการทดลองถูกต้องครบทั้ง 3 ข้อ แต่ตอบคำถามไม่ถูกต้อง ให้ 1 คะแนน
- ผลการทดลองไม่ถูกต้องครบทั้ง 3 ข้อ หรือไม่เขียนคำตอบ ให้ 0 คะแนน

ทักษะการจำแนกประเภท : สถานการณ์ที่ 1 – 4

- แบ่งประเภทและบอกเกณฑ์ได้ถูกต้อง ให้ 4 คะแนน
- แบ่งประเภทและบอกเกณฑ์ได้ไม่ครบ ให้ 3 คะแนน
- แบ่งประเภทไม่ถูกต้อง แต่บอกเกณฑ์ได้ถูกต้อง ให้ 2 คะแนน
- แบ่งประเภทได้ถูกต้อง แต่ไม่สามารถบอกเกณฑ์ได้ ให้ 1 คะแนน
- แบ่งประเภทไม่ถูกต้อง และไม่สามารถบอกเกณฑ์ได้ ให้ 0 คะแนน

ทักษะการตั้งสมมติฐาน : สถานการณ์ที่ 1 - 4

- ให้ 4 คะแนน เมื่อ

1. สามารถสร้างสมมติฐานจากข้อมูลและความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีอยู่ในการทดลองได้

2. สามารถนำความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตามมาสร้างสมมติฐานในรูปข้อความที่เป็นประโยคบอกเล่าได้อย่างเหมาะสม และมีความเป็นไปได้

- ให้ 3 คะแนน เมื่อ

1. สามารถสร้างสมมติฐานจากข้อมูลและความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีอยู่ในการทดลองได้

2. สามารถนำความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้นกับตัวแปรตามมาสร้างสมมติฐานในรูปข้อความที่เป็นประโยคบอกเล่าได้

- ให้ 2 คะแนน เมื่อ

1. สามารถสร้างสมมติฐานจากข้อมูลและความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ ที่มีอยู่ในการทดลองได้

- ให้ 1 คะแนน เมื่อ

1. สามารถสร้างสมมติฐานจากข้อมูลที่มีอยู่ในการทดลองได้

- ไม่สามารถสร้างสมมติฐานจากข้อมูลได้หรือไม่เขียนคำตอบให้ 0 คะแนน

ทักษะการทดลอง : สถานการณ์ที่ 1 - 4

- ให้ 4 คะแนน เมื่อ

1. สามารถระบุอุปกรณ์และสารเคมีที่จะใช้ในการทดลองได้อย่างถูกต้อง
2. สามารถกำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องและเหมาะสมโดยคำนึงถึงตัวแปรต้น

ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมได้ถูกต้อง

3. ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม
4. บันทึกผลการทดลองได้อย่างคล่องแคล่วและถูกต้อง

- ให้ 3 คะแนน เมื่อ

1. สามารถระบุอุปกรณ์และสารเคมีที่จะใช้ในการทดลองได้อย่างถูกต้อง
2. สามารถกำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องเหมาะสมโดยคำนึงถึงตัวแปรต้น

ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมได้ถูกต้อง

3. ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

- ให้ 2 คะแนน เมื่อ

1. สามารถระบุอุปกรณ์และสารเคมีที่จะใช้ในการทดลองได้อย่างถูกต้อง
2. สามารถกำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องเหมาะสมโดยคำนึงถึงตัวแปรต้น

ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมได้ถูกต้อง

- ให้ 1 คะแนน เมื่อ

1. สามารถระบุอุปกรณ์และสารเคมีที่จะใช้ในการทดลองได้อย่างถูกต้อง

- ไม่สามารถระบุอุปกรณ์และสารเคมีที่จะใช้ในการทดลองหรือไม่เขียนคำตอบ ให้ 0

คะแนน

ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร : สถานการณ์ที่ 1 - 4

- ให้ 4 คะแนน เมื่อ

- สามารถระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมที่มีอยู่ในสมมติฐานได้ครบถ้วนและถูกต้อง

- ให้ 3 คะแนน เมื่อ

- สามารถระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องควบคุมที่มีอยู่ในสมมติฐานได้แต่ไม่ถูกต้อง

- ให้ 2 คะแนน เมื่อ
 - สามารถระบุตัวแปรได้ถูกต้อง 2 ชนิด
- ให้ 1 คะแนน เมื่อ
 - สามารถระบุตัวแปรได้ถูกต้อง 1 ชนิด
- ให้ 0 คะแนน เมื่อไม่สามารถระบุตัวแปรได้ถูกต้องเลยหรือไม่เขียนคำตอบ ให้ 0

คะแนน

ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล : สถานการณ์ที่ 1 – 4

- ให้ 4 คะแนน เมื่อ
 - สามารถอธิบายผลและสรุปผลจากข้อมูลที่ได้จากการสังเกต โดยใช้ความรู้เดิม ประสพการณ์และให้เหตุผลหรือลงความคิดเห็นส่วนตัวลงไปด้วย ได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม
- ให้ 3 คะแนน เมื่อ
 - สามารถอธิบายผลและสรุปผลจากข้อมูลที่ได้จากการสังเกต โดยใช้ความรู้เดิม ประสพการณ์และให้เหตุผลหรือลงความคิดเห็นส่วนตัวลงไปด้วย ได้อย่างถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน
- ให้ 2 คะแนน เมื่อ
 - สามารถอธิบายผลและสรุปผลจากข้อมูลที่ได้จากการสังเกต โดยใช้ความรู้เดิม ประสพการณ์และให้เหตุผลหรือลงความคิดเห็นส่วนตัวลงไปด้วย แต่ไม่ถูกต้อง
- ให้ 1 คะแนน เมื่อ
 - สามารถอธิบายผลและสรุปผลจากข้อมูลที่ได้จากการสังเกต โดยใช้ความรู้เดิม ประสพการณ์ แต่ไม่สามารถให้เหตุผลประกอบได้
- ให้ 0 คะแนน เมื่อ
 - ไม่สามารถอธิบายผลและสรุปผลจากข้อมูลได้ หรือไม่เขียนคำตอบ

ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ : สถานการณ์ที่ 1 – 4

- ให้ 4 คะแนน เมื่อ

- สามารถให้ความหมายของคำต่าง ๆ ในลักษณะทั่ว ๆ ไป สามารถบอก
ลักษณะสิ่งที่สังเกตได้และสามารถระบุการกระทำเพื่อการทดสอบในการกำหนดความหมาย
ได้อย่างถูกต้อง โดยใช้ภาษาที่รัดกุม ชัดเจน ไม่กำกวม

- ให้ 3 คะแนน เมื่อ

- สามารถให้ความหมายของคำต่าง ๆ ในลักษณะทั่ว ๆ ไป สามารถบอก
ลักษณะสิ่งที่สังเกตได้และสามารถระบุการกระทำเพื่อการทดสอบในการกำหนดความหมายได้

- ให้ 2 คะแนน เมื่อ

- สามารถให้ความหมายของคำต่าง ๆ ในลักษณะทั่ว ๆ ไป สามารถบอก
ลักษณะสิ่งที่สังเกตได้ถูกต้อง

- ให้ 1 คะแนน เมื่อ

- สามารถให้ความหมายของคำต่าง ๆ ในลักษณะทั่ว ๆ ไป แต่ไม่สามารถบอก
ลักษณะสิ่งที่สังเกตได้

- ให้ 0 คะแนน เมื่อ

- ไม่สามารถให้ความหมายของคำต่าง ๆ ในลักษณะทั่ว ๆ ไปได้ หรือไม่เขียน
คำตอบ

ทักษะการตีความหมายของข้อมูลและการลงข้อสรุป : สถานการณ์ที่ 1 - 4

- ให้ 4 คะแนน เมื่อ

1. สามารถแปลความหมายหรือบรรยายคุณลักษณะ ลักษณะและสมบัติของข้อมูล
ที่มีอยู่ได้

2. บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลหรือตัวแปรที่มีอยู่ได้

3. สามารถสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลเป็นหลักการ โดยอาศัยความสัมพันธ์
ของข้อมูลหรือตัวแปรที่มีอยู่ได้ และแสดงผลประกอบได้ถูกต้อง แนวคิดชัดเจน

- ให้ 3 คะแนน เมื่อ
 1. สามารถแปลความหมายหรือบรรยายคุณลักษณะ ลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้
 2. บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลหรือตัวแปรที่มีอยู่ได้
 3. สามารถสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลเป็นหลักการ โดยอาศัยความสัมพันธ์ของข้อมูลหรือตัวแปรที่มีอยู่ได้ แต่อาจมีผิดพลาดเล็กน้อย
- ให้ 2 คะแนน เมื่อ
 1. สามารถแปลความหมายหรือบรรยายคุณลักษณะ ลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้
 2. บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลหรือตัวแปรที่มีอยู่ได้
- ให้ 1 คะแนน เมื่อ
 1. สามารถแปลความหมายหรือบรรยายคุณลักษณะ ลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้
- ให้ 0 คะแนน เมื่อ

ไม่สามารถแปลความหมายหรือบรรยายคุณลักษณะ ลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้ หรือไม่เขียนคำตอบ

ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล : สถานการณ์ที่ 1 - 4

- ให้ 4 คะแนน เมื่อ
 1. เลือกรูปแบบตาราง กราฟ หรือแผนภูมิในการนำเสนอข้อมูลได้ถูกต้องและเหมาะสม
 2. มีหัวตารางหรือหัวกราฟ (แกนตั้ง – แกนนอน) ได้ถูกต้อง
 3. มีอัตราส่วนที่เหมาะสม
 4. มีหน่วยครบทุกหัวตารางหรือหัวกราฟ (แกนตั้ง – แกนนอน)
- ให้ 3 คะแนน เมื่อ
 1. เลือกรูปแบบตาราง กราฟ หรือแผนภูมิในการนำเสนอข้อมูลได้ถูกต้องและเหมาะสม

2. มีหัวตารางหรือหัวกราฟ (แกนตั้ง – แกนนอน) ได้ถูกต้อง
 3. มีอัตราส่วนที่เหมาะสม
- ให้ 2 คะแนน เมื่อ
 1. เลือกรูปแบบตาราง กราฟ หรือแผนภูมิในการนำเสนอข้อมูลได้ถูกต้องและเหมาะสม
 2. มีหัวตารางหรือหัวกราฟ (แกนตั้ง – แกนนอน) ได้ถูกต้อง
 - ให้ 1 คะแนน เมื่อ
 1. เลือกรูปแบบตาราง กราฟ หรือแผนภูมิในการนำเสนอข้อมูลได้ถูกต้องและเหมาะสม
 - ให้ 0 คะแนน เมื่อ

ไม่สามารถเลือกรูปแบบตาราง กราฟ หรือแผนภูมิในการนำเสนอข้อมูลได้ หรือไม่เขียนคำตอบ

การเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ ผู้วิจัยดำเนินการเป็นขั้นตอน ดังนี้

1. ติดต่อโรงเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง และนัดหมาย วัน เวลา และเพื่อนำแบบทดสอบไปสอบ
2. เตรียมแบบทดสอบ และอุปกรณ์ในการปฏิบัติให้เพียงพอกับจำนวนนักเรียนที่สอบในแต่ละครั้ง วางแผนดำเนินการสอบ รวมทั้งผู้ดำเนินการสอบห้องละ 2 คน ซึ่งผู้ดำเนินการสอบชี้แจงการปฏิบัติในการดำเนินการสอบ ดังนี้
 - 2.1 อธิบายให้นักเรียนในกลุ่มตัวอย่างเข้าใจวัตถุประสงค์ และผลประโยชน์ที่ได้รับจากการทำแบบทดสอบ
 - 2.2 อธิบายให้ผู้เข้าสอบทุกคนเข้าใจถึงวิธีดำเนินการสอบแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิธีการปฏิบัติ และวิธีตอบ ก่อนที่จะให้ผู้เข้าสอบลงมือทำ
3. นำแบบทดสอบไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้
 - 3.1 สุ่มนักเรียนมาจำนวน 32 คน โดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) เพื่อใช้ทดลองเครื่องมือ (tryout) หาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกรายข้อ

3.2 สุ่มนักเรียนมา 60 คนโดยวิธีการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) โดยแบ่งเป็นนักเรียนห้อง 2/1 จำนวน 32 คนและห้อง 2/2 จำนวน 28 คน ทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะ ของรองศาสตราจารย์ ดร.ส.วาสนา ประवालพฤกษ์ ที่มีจำนวน 40 ข้อ

3.3 ให้นักเรียนทั้ง 2 ห้องทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ทั้ง 2 ฉบับ โดยแบ่งการทดสอบออกเป็น 4 ครั้ง ดังนี้

ครั้งที่ 1 ห้อง 2/1 ทำแบบทดสอบภาคปฏิบัติฉบับที่ 1

ครั้งที่ 2 ห้อง 2/2 ทำแบบทดสอบภาคปฏิบัติฉบับที่ 2

ครั้งที่ 3 ห้อง 2/1 ทำแบบทดสอบภาคปฏิบัติฉบับที่ 2

ครั้งที่ 4 ห้อง 2/2 ทำแบบทดสอบภาคปฏิบัติฉบับที่ 1

ซึ่งในการทดสอบแต่ละครั้ง นักเรียนห้อง 2/1 และ 2/2 จะต้องทำแบบทดสอบภาคปฏิบัติทั้ง 2 ฉบับทีละคน

ซึ่งในการทดสอบแต่ละครั้งจะทำการแบ่งนักเรียนที่เข้าสอบเป็น 2 กลุ่มย่อย ๆ ดังนี้

ห้อง 2/1 แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 16 คน โดยถือลำดับจากการสุ่มให้ 16 คนแรกเข้าสอบฉบับที่ 1 ในช่วงเช้า และ 16 คนต่อมาเข้าสอบฉบับที่ 1 ในช่วงบ่าย และการในการสอบครั้งที่ 2 คือนักเรียนห้อง 2/2 แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 14 คน โดยถือลำดับจากการสุ่มให้ 14 คนแรกเข้าสอบฉบับที่ 2 ในช่วงเช้า และ 14 คนต่อมาเข้าสอบฉบับที่ 2 ในช่วงบ่าย

4. หลังจากดำเนินการสอบกับกลุ่มตัวอย่างครบทั้ง 4 ครั้งแล้ว แยกผลการประเมินที่ได้จากผู้ประเมินแต่ละคนออกจากกันแล้วเรียงตามลำดับเลขที่ของนักเรียนแต่ละห้อง

5. นำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าสถิติ

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบ ได้แก่ ค่าเฉลี่ย และค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
2. ความยากของข้อสอบ (Difficulty) โดยใช้สูตรของ วิทเนย์และซาเบอร์ (Whitney and Sabers.) (โกวิท ประवालพฤกษ์ และสมศักดิ์ สินธุระเวชญ์. 2527 : 277)

$$P = \frac{(2N \times \text{Score}_{\max} - \text{Score}_{\min})}{S_u + S_L - (2N \times \text{Score}_{\min})}$$

เมื่อ	P	แทน	ค่าความยากของแบบทดสอบ
	S_u	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง
	S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ
	N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ ซึ่งได้จาก 25% ของนักเรียนเข้าสอบทั้งหมด
	$\text{Score}_{\min}$	แทน	คะแนนต่ำสุด
	$\text{Score}_{\max}$	แทน	คะแนนสูงสุด

3. ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ (Discrimination) โดยใช้สูตรของ วิทเนย์และซาเบอร์ (Whitney and Sabers.) (โกวิท ประวาลพฤษย์ และสมศักดิ์ สินธุระเวชญ์. 2527 : 277)

$$D = \frac{S_u - S_L}{N (\text{Score}_{\max} - \text{Score}_{\min})}$$

เมื่อ	D	แทน	ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ
	S_u	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง
	S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ
	N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ ซึ่งได้จาก 25% ของนักเรียนเข้าสอบทั้งหมด
	$\text{Score}_{\min}$	แทน	คะแนนต่ำสุด
	$\text{Score}_{\max}$	แทน	คะแนนสูงสุด

4. ความเชื่อมั่นของการตรวจให้คะแนนระหว่างผู้ประเมิน 2 คน โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์ การสรุปอ้างอิง (Generalizability Coefficient : P^2) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2538 : 223)

$$P^2 = \frac{\sigma_p^2}{\sigma_p^2 + \sigma_i^2 + \sigma_e^2}$$

เมื่อ	P^2	แทน	สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นหรือสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง
	σ_p^2	แทน	การประมาณค่าคะแนนความแปรปรวนของผู้สอบ ซึ่งคำนวณจาก
			$\frac{MS_p - MS_r}{n_i}$
	σ_e^2	แทน	การประมาณค่าคะแนนความแปรปรวนของผู้สอบ ซึ่งคำนวณจาก
			$\frac{MS_i - MS_r}{n_p}$
	MS_p	แทน	ความแปรปรวนของผู้สอบที่คำนวณจากการวิเคราะห์ ความแปรปรวน
	MS_r	แทน	ความคลาดเคลื่อนของความแปรปรวนที่คำนวณจาก การวิเคราะห์ความแปรปรวน
	MS_i	แทน	ความแปรปรวนของผู้ให้คะแนน
	n_i	แทน	จำนวนของผู้ประเมินคะแนน
	n_p	แทน	จำนวนของผู้สอบ

5. หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (Alpha Coefficient) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ.

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

เมื่อ	α	แทน	ค่าสัมประสิทธิ์ของความเชื่อมั่น
	n	แทน	จำนวนข้อปฏิบัติของแบบทดสอบ
	$\sum s_i^2$	แทน	คะแนนความแปรปรวนของแบบทดสอบ
	S_t^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนของแบบทดสอบทั้งฉบับ

6. ความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง (Construct Validity) โดยการหาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นกับคะแนนจากแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะของรองศาสตราจารย์ ดร.ส.วาสนา ประवालพฤษดิ์ เป็นเกณฑ์ (r)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

เพื่อให้มีความเข้าใจตรงกันในการแปลความหมายผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยขอ
กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังต่อไปนี้

N	แทน	จำนวนในนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
n	แทน	จำนวนข้อของแบบทดสอบ
K	แทน	คะแนนเต็มของแบบทดสอบ
$\bar{X}$	แทน	คะแนนเฉลี่ย
S.D.	แทน	ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน
P	แทน	ค่าความยากของแบบทดสอบ
D	แทน	ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ
α	แทน	ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
#	แทน	ค่าความเที่ยงตรงของแบบทดสอบทั้งฉบับ

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็นตอน ๆ ดังนี้

ตอนที่ 1 การประเมินคุณภาพของแบบทดสอบขั้นต้น

- 1.1 รายละเอียดเบื้องต้นของแบบทดสอบ
- 1.2 ความเที่ยงตรงเชิงพินิจ (Face validity)

ตอนที่ 2 การหาคุณภาพครั้งที่ 1

- 2.1 ค่าสถิติพื้นฐาน
- 2.2 วิเคราะห์ข้อสอบรายข้อและคัดเลือกข้อสอบเพื่อนำไปใช้ทดสอบ

ตอนที่ 3 การหาคุณภาพครั้งที่ 2

- 3.1 วิเคราะห์ข้อสอบรายข้อ
- 3.2 ค่าสถิติพื้นฐานและค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
- 3.3 ค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน

3.4 ความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง (Construct validity) ของแบบทดสอบ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 การประเมินคุณภาพของแบบทดสอบขั้นต้น

1.1 รายละเอียดเบื้องต้นของแบบทดสอบ

ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบทดสอบที่นักเรียนต้องลงมือปฏิบัติ และมีการบันทึกผลจากการปฏิบัติ โดยแบบทดสอบจะมี 2 ฉบับ โดยที่ฉบับที่ 1 วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 6 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการสังเกต การวัด การคำนวณ การพยากรณ์ การจำแนกประเภท และการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปส และสเปกกับเวลา โดยกำหนดเป็นสถานการณ์การทดลอง 1 สถานการณ์ จะมีกิจกรรมให้นักเรียนปฏิบัติ 1 ข้อ แต่ละทักษะมีข้อสอบทักษะละ 4 ข้อ ดังนั้นมีข้อสอบทั้งหมด 24 สถานการณ์ โดยใช้เวลาในการทำแบบทดสอบ 90 นาที และฉบับที่ 2 ประกอบด้วยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 2 ทักษะ คือ ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูลและทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูลและทักษะขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ คือ ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการตีความหมายและการลงสรุปข้อมูล ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ และทักษะการทดลองโดยกำหนดเป็นสถานการณ์การทดลอง 1 สถานการณ์ จะมีกิจกรรมให้นักเรียนปฏิบัติ 7 ข้อ ทักษะละ 1 ข้อ มีทั้งหมด 4 สถานการณ์ รวม 28 ข้อ โดยให้เวลาในการทำ 120 นาที

1.2 ความเที่ยงตรงเชิงพินิจ (Face validity)

ในการสร้างแบบทดสอบครั้งนี้ ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน (รายชื่อปรากฏในภาคผนวก) พิจารณาเป็นรายข้อเพื่อหาค่าความเที่ยงตรงเชิงพินิจของแบบทดสอบ โดยผู้วิจัยได้สร้างข้อสอบไว้จำนวน 74 ข้อ เป็นข้อสอบฉบับที่ 1 จำนวน 34 ข้อ ฉบับที่ 2 สร้างไว้ 40 ข้อ แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญพิจารณาผลปรากฏว่า ข้อสอบฉบับที่ 1 ใช้ได้ 24 ข้อ ข้อสอบฉบับที่ 2 ใช้ได้ 28 ข้อ

ในการทดสอบครั้งที่ 1 ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบที่ผ่านการพิจารณาขั้นต้น เป็นข้อสอบฉบับที่ 1 จำนวน 24 ข้อ ฉบับที่ 2 28 ข้อ รวมทั้งหมด 52 ข้อ ไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 32 คน ปรากฏผลการวิเคราะห์ ดังนี้

ตาราง 4 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนของแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 1 จากการทดสอบครั้งที่ 1 จำนวนผู้สอบ 32 คน

ทักษะ	สถาน การณ์	K	$\bar{X}$	S.D.	ทักษะ	สถาน การณ์	K	$\bar{X}$	S.D.
การสังเกต	1	4	3.06	1.17	การหาความ	1	4	2.09	1.90
	2	4	2.44	1.64	สัมพันธ์	2	4	3.59	0.30
	3	4	2.84	1.03	ระหว่างสเปส	3	4	2.25	1.70
	4	4	3.47	0.83	กับสเปส	4	4	1.94	1.86
รวม	4	16	11.81	1.17	รวม	4	16	9.87	1.44
การวัด	1	4	3.66	0.23	การพยากรณ์	1	4	3.06	0.70
	2	4	3.91	0.08		2	4	2.44	1.09
	3	4	3.69	0.68		3	4	3.22	0.60
	4	4	3.72	0.33		4	4	2.63	0.78
รวม	4	16	14.98	0.51	รวม	4	16	12.67	1.29
การคำนวณ	1	4	3.66	0.23	การจำแนก	1	4	2.71	1.22
	2	4	3.91	0.08		2	4	2.34	0.40
	3	4	3.69	0.68		3	4	2.34	0.89
	4	4	3.72	0.33		4	4	2.28	0.70
รวม	4	16	14.98	0.51	รวม	4	16	9.67	0.80
รวมทุกทักษะมีค่า $\bar{X} = 73.98$ และ S. D. = 7.54									

จากตาราง 4 พบว่า คะแนนเต็มของแบบทดสอบ 16 คะแนน ค่า $\bar{X}$ และ S.D. ของแบบทดสอบเรื่องทักษะการสังเกตของกลุ่มตัวอย่างจำนวน 32 คน มีค่าเท่ากับ 11.81 และ 1.17, ค่า $\bar{X}$ และ S.D. ของแบบทดสอบเรื่องทักษะการวัด มีค่าเท่ากับ 14.98 และ 0.51, ค่า $\bar{X}$ และ S.D. ของแบบทดสอบเรื่องทักษะการคำนวณ มีค่าเท่ากับ 14.98 และ 0.51, ค่า $\bar{X}$ และ

S.D. ของแบบทดสอบเรื่องทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปสและสเปกกับเวลามีค่าเท่ากับ 9.87 และ 1.44 , ค่า $\bar{X}$ และ S.D. ของแบบทดสอบเรื่องทักษะการพยากรณ์มีค่าเท่ากับ 12.67 และ 1.29 , ค่า $\bar{X}$ และ S.D. ของแบบทดสอบเรื่องทักษะการจำแนกมีค่าเท่ากับ 9.67 และ 0.80 แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างสามารถทำแบบทดสอบเรื่องทักษะการวัดและการคำนวณได้มากที่สุด รองลงมาคือแบบทดสอบเรื่องทักษะการพยากรณ์ ทักษะการสังเกต ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปสและสเปกกับเวลา และทักษะการจำแนกตามลำดับและแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 1 มีค่าเฉลี่ยของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะอยู่ในช่วง 1.94 – 3.91 รวมทุกทักษะมีค่าเท่ากับ 73.98 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะ มีค่าอยู่ในช่วง 0.08 ถึง 1.90 รวมทุกทักษะมีค่าเท่ากับ 7.54

ตาราง 5 ค่าสถิติพื้นฐานของคะแนนของแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 2 จากการทดสอบครั้งที่ 1 จำนวนผู้สอบ 32 คน

สถาน การณ์	ทักษะ	K	$\bar{X}$	S.D.	สถาน การณ์	ทักษะ	K	$\bar{X}$	S.D.
1	การตั้งสมมติฐาน	4	3.06	1.27	3	การตั้งสมมติฐาน	4	2.18	1.47
	การทดลอง	4	3.25	0.90		การทดลอง	4	2.97	0.95
	การกำหนดตัวแปร	4	3.19	0.88		การกำหนดตัวแปร	4	2.88	1.17
	การจัดกระทำ	4	3.31	1.01		การจัดกระทำ	4	2.34	1.27
	การแสดงความ คิดเห็น	4	3.28	0.88		การแสดงความ คิดเห็น	4	2.81	1.29
	การตีความ	4	3.34	0.99		การตีความ	4	3.22	2.00
	การนิยาม	4	3.5	0.33		การนิยาม	4	2.19	1.31
	รวม	28	22.93	0.89		รวม	28	19.94	1.35
2	การตั้งสมมติฐาน	4	2.22	1.58	4	การตั้งสมมติฐาน	4	3.19	1.44
	การทดลอง	4	3.19	0.81		การทดลอง	4	3.44	1.09
	การกำหนดตัวแปร	4	2.47	0.97		การกำหนดตัวแปร	4	2.28	1.07
	การจัดกระทำ	4	2.66	1.18		การจัดกระทำ	4	2.91	1.04
	การแสดงความ คิดเห็น	4	3	1.32		การแสดงความ คิดเห็น	4	2.72	1.48
	การตีความ	4	2.97	1.05		การตีความ	4	2.66	1.19
	การนิยาม	4	2.44	1.39		การนิยาม	4	3.38	1.74
	รวม	28	18.95	1.19		รวม	28	20.58	1.29

รวมทุกทักษะมีค่า $\bar{X} = 82.40$ และ S.D. = 9.87

จากตาราง 5 พบว่า คะแนนเต็มของแบบทดสอบ 28 คะแนน ค่า $\bar{X}$ และ S.D. ของ
แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ฉบับที่ 2 สถานการณ์ที่ 1 ของกลุ่มตัวอย่าง

จำนวน 32 คน มีค่าเท่ากับ 22.93 และ 0.89 ,ค่า $\bar{X}$ และ S.D. ของ แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ฉบับที่ 2 สถานการณ์ที่ 2 มีค่าเท่ากับ 18.95 และ 1.19 ,ค่า $\bar{X}$ และ S.D. ของ แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ฉบับที่ 2 สถานการณ์ที่ 3 มีค่าเท่ากับ 19.94 และ 1.35 ,ค่า $\bar{X}$ และ S.D. ของ แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ฉบับที่ 2 สถานการณ์ที่ 4 มีค่าเท่ากับ 20.58 และ 1.29 แสดงว่ากลุ่มตัวอย่างสามารถทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ฉบับที่ 2 สถานการณ์ที่ 1 ได้มากที่สุด รองลงมาคือ สถานการณ์ที่ 4 สถานการณ์ที่ 3 และสถานการณ์ที่ 2 ตามลำดับ และแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 2 มีค่าเฉลี่ยของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีค่าอยู่ในช่วง 2.22 ถึง 3.44 รวมทุกทักษะมีค่าเท่ากับ 82.4 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะมีค่าอยู่ในช่วง 0.33 ถึง 2.00 รวมทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 9.87

2.2 วิเคราะห์ข้อสอบรายข้อ

เมื่อนำข้อสอบไปทดสอบแล้วค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ โดยใช้เทคนิค 25% ของกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ แล้วใช้สูตรของวิทเนย์และซาเบอร์ (ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ. 2536 : 187 ; อ้างอิงจาก Edwards. 1957 : 152 – 155) ปรากฏผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตาราง 6 และ 7

ตาราง 6 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 1 จากการทดสอบครั้งที่ 1 จำนวนผู้สอบ 32 คน

ทักษะ	สถานการณ์	P	D	หมายเหตุ	ทักษะ	สถานการณ์	P	D	หมายเหตุ
การสังเกต	1	0.68	0.66	ดี	การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส	1	0.64	0.72	ดี
	2	0.59	0.81	ดี		2	0.72	0.56	ดี
	3	0.60	0.79	ดี		3	0.53	0.94	ดี
	4	0.53	0.94	ดี		4	0.50	1	ดี
การวัด	1	0.73	0.63	ดี	การพยากรณ์	1	0.50	1	ดี
	2	0.81	0.38	ปรับปรุง		2	0.48	0.96	ดี
	3	0.72	0.56	ดี		3	0.66	0.69	ดี
	4	0.72	0.56	ดี		4	0.58	0.58	ดี
การคำนวณ	1	0.72	0.63	ดี	การจำแนกประเภท	1	0.50	1	ดี
	2	0.81	0.38	ปรับปรุง		2	0.48	0.96	ดี
	3	0.72	0.56	ดี		3	0.58	0.63	ดี
	4	0.72	0.56	ดี		4	0.50	0.66	ดี

จากตาราง 6 พบว่า แบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 1 ทั้งหมด 24 สถานการณ์ ที่มีค่าความยากของข้อสอบอยู่ในช่วง 0.2 ถึง 0.8 และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบมีค่าตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป มีข้อที่นำมาปรับปรุง จำนวน 2 สถานการณ์ คือ สถานการณ์ที่ 2 ในทักษะการวัดและสถานการณ์ที่ 2 ในทักษะการคำนวณ

ตาราง 7 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 2 จากการทดสอบครั้งที่ 1 จำนวนผู้สอบ 32 คน

สถาน การณ์	ทักษะ	P	D	หมาย เหตุ	สถาน การณ์	ทักษะ	P	D	หมาย เหตุ
1	การตั้งสมมติฐาน	0.64	0.72	ดี	1	การตั้งสมมติฐาน	0.61	0.78	ดี
	การทดลอง	0.65	0.71	ดี		การทดลอง	0.65	0.71	ดี
	การกำหนดตัวแปร	0.67	0.67	ดี		การกำหนดตัวแปร	0.64	0.92	ดี
	การจัดกระทำ	0.63	0.75	ดี		การจัดกระทำ	0.61	0.78	ดี
	การแสดงความ คิดเห็น	0.78	0.44	ดี		การแสดงความ คิดเห็น	0.64	0.72	ดี
	การตีความ	0.73	0.53	ดี		การตีความ	0.69	0.63	ดี
	การนิยาม	0.75	0.50	ดี		การนิยาม	0.61	0.78	ดี
2	การตั้งสมมติฐาน	0.56	0.88	ดี	2	การตั้งสมมติฐาน	0.60	0.81	ดี
	การทดลอง	0.50	1.00	ดี		การทดลอง	0.63	0.75	ดี
	การกำหนดตัวแปร	0.48	0.29	ดี		การกำหนดตัวแปร	0.52	0.96	ดี
	การจัดกระทำ	0.34	0.69	ดี		การจัดกระทำ	0.58	0.75	ดี
	การแสดงความ คิดเห็น	0.64	0.72	ดี		การแสดงความ คิดเห็น	0.64	0.72	ดี
	การตีความ	0.63	0.74	ดี		การตีความ	0.55	0.69	ดี
	การนิยาม	0.58	0.84	ดี		การนิยาม	0.60	0.81	ดี

จากตาราง 7 พบว่า แบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
ฉบับที่ 2 ทั้งหมด 4 สถานการณ์ 28 ทักษะ ที่มีค่าความยากของข้อสอบอยู่ในช่วง 0.2 ถึง 0.8
และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบมีค่าตั้งแต่ 0.2 ขึ้นไป

ตอนที่ 3 การหาคุณภาพครั้งที่ 2

3.1 วิเคราะห์ข้อสอบรายข้อ

เมื่อนำข้อสอบที่ปรับปรุงแล้ว มาทดสอบกับนักเรียนจำนวน 60 คน แล้วตรวจ
สอบค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ โดยใช้เทคนิค 25% ของกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำ

แล้วใช้สูตรของวิทเนย์และซาเบอร์ (ลัวัน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2536 : 187 ; อ้างอิงจาก Edwards. 1957 : 152 – 155) ปรากฏผลการวิเคราะห์ดังแสดงในตาราง 8 และ 9

ตาราง 8 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 1 จำนวนผู้สอบ 60 คน

ทักษะ	สถานการณ์	P	D	หมายเหตุ	ทักษะ	สถานการณ์	P	D	หมายเหตุ
การสังเกต	1	0.68	0.27	ดี	การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส	1	0.59	0.38	ดี
	2	0.65	0.37	ดี		2	0.59	0.38	ดี
	3	0.68	0.25	ดี		3	0.51	0.22	ดี
	4	0.59	0.28	ดี		4	0.55	0.30	ดี
การวัด	1	0.55	0.20	ดี	การพยากรณ์	1	0.57	0.37	ดี
	2	0.53	0.22	ดี		2	0.53	0.22	ดี
	3	0.56	0.45	ดี		3	0.48	0.23	ดี
	4	0.60	0.37	ดี		4	0.65	0.23	ดี
การคำนวณ	1	0.53	0.20	ดี	การจำแนกประเภท	1	0.68	0.25	ดี
	2	0.53	0.22	ดี		2	0.60	0.27	ดี
	3	0.56	0.45	ดี		3	0.62	0.20	ดี
	4	0.60	0.37	ดี		4	0.59	0.38	ดี

จากตาราง 8 พบว่า แบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 1 ทั้งหมด 24 สถานการณ์ ที่มีค่าความยากของข้อสอบอยู่ในช่วง 0.48 ถึง 0.69 และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบอยู่ในช่วง 0.20 ถึง 0.45

ตาราง 9 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 2 จำนวนผู้สอบ 60 คน

สถาน การณ์	ทักษะ	P	D	หมายเหตุ	สถาน การณ์	ทักษะ	P	D	หมายเหตุ
1	การตั้งสมมติฐาน	0.58	0.23	ดี	1	การตั้งสมมติฐาน	0.62	0.47	ดี
	การทดลอง	0.58	0.28	ดี		การทดลอง	0.77	0.30	ดี
	การกำหนดตัวแปร	0.62	0.24	ดี		การกำหนดตัวแปร	0.77	0.33	ดี
	การจัดกระทำ	0.80	0.25	ดี		การจัดกระทำ	0.79	0.24	ดี
	การแสดงความ คิดเห็น	0.52	0.20	ดี		การแสดงความ คิดเห็น	0.65	0.33	ดี
	การตีความ	0.70	0.27	ดี		การตีความ	0.71	0.52	ดี
	การนิยาม	0.59	0.28	ดี		การนิยาม	0.73	0.28	ดี
2	การตั้งสมมติฐาน	0.70	0.37	ดี	2	การตั้งสมมติฐาน	0.83	0.25	ดี
	การทดลอง	0.66	0.28	ดี		การทดลอง	0.71	0.32	ดี
	การกำหนดตัวแปร	0.78	0.35	ดี		การกำหนดตัวแปร	0.69	0.25	ดี
	การจัดกระทำ	0.74	0.45	ดี		การจัดกระทำ	0.68	0.28	ดี
	การแสดงความ คิดเห็น	0.78	0.28	ดี		การแสดงความ คิดเห็น	0.73	0.37	ดี
	การตีความ	0.69	0.22	ดี		การตีความ	0.70	0.20	ดี
	การนิยาม	0.59	0.28	ดี		การนิยาม	0.69	0.28	ดี

จากตาราง 9 พบว่า แบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
ฉบับที่ 2 ทั้งหมด 4 สถานการณ์ 28 ทักษะ ที่มีค่าความยากของข้อสอบอยู่ในช่วง 0.52 ถึง
0.79 และค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบมีค่าตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.52

3.2 ค่าสถิติพื้นฐานและค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ

ตาราง 10 ค่าสถิติพื้นฐานและค่าความเชื่อมั่นของคะแนนของแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะ
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 1 จากการทดสอบครั้งที่ 2

ทักษะ	N	n	K	$\bar{X}$	S.D.	ค่าความเชื่อมั่น
การสังเกต						0.533
สถานการณ์ที่ 1	60	1	4	2.72	1.34	
สถานการณ์ที่ 2	60	1	4	2.63	1.64	
สถานการณ์ที่ 3	60	1	4	2.43	1.27	
สถานการณ์ที่ 4	60	1	4	2.30	1.28	
รวมทั้ง 4 สถานการณ์	60	4	16	10.08	3.38	
การวัด						0.662
สถานการณ์ที่ 1	60	1	4	2.00	1.34	
สถานการณ์ที่ 2	60	1	4	2.40	1.12	
สถานการณ์ที่ 3	60	1	4	2.57	1.18	
สถานการณ์ที่ 4	60	1	4	2.33	1.39	
รวมทั้ง 4 สถานการณ์	60	4	16	9.30	2.82	
การคำนวณ						0.723
สถานการณ์ที่ 1	60	1	4	1.95	1.32	
สถานการณ์ที่ 2	60	1	4	2.43	1.14	
สถานการณ์ที่ 3	60	1	4	2.57	1.18	
สถานการณ์ที่ 4	60	1	4	2.33	1.39	
รวมทั้ง 4 สถานการณ์	60	4	16	9.28	2.77	

ตาราง 10 (ต่อ)

ทักษะ	N	n	K	X	S.D.	ค่าความเชื่อมั่น
การหาความสัมพันธ์						
สถานการณ์ที่ 1	60	1	4	2.42	1.25	0.616
สถานการณ์ที่ 2	60	1	4	2.13	1.49	
สถานการณ์ที่ 3	60	1	4	2.03	1.22	
สถานการณ์ที่ 4	60	1	4	2.37	1.15	
รวมทั้ง 4 สถานการณ์	60	4	16	8.95	2.81	
การพยากรณ์						
สถานการณ์ที่ 1	60	1	4	2.27	1.38	0.755
สถานการณ์ที่ 2	60	1	4	2.12	1.19	
สถานการณ์ที่ 3	60	1	4	1.88	1.51	
สถานการณ์ที่ 4	60	1	4	2.25	1.22	
รวมทั้ง 4 สถานการณ์	60	4	16	8.52	2.31	
การจำแนกประเภท						
สถานการณ์ที่ 1	60	1	4	2.66	1.28	0.776
สถานการณ์ที่ 2	60	1	4	2.43	1.24	
สถานการณ์ที่ 3	60	1	4	2.40	1.21	
สถานการณ์ที่ 4	60	1	4	2.32	1.33	
รวมทั้ง 4 สถานการณ์	60	4	16	9.80	2.72	
รวมทั้งฉบับ	60	24	96	55.93	10.14	0.921

จากตาราง 10 พบว่าค่าเฉลี่ยของแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 1 แต่ละทักษะมีค่าอยู่ในช่วง 1.88 ถึง 2.72 รวมทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 55.93 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบทดสอบฉบับนี้ แต่ละทักษะมีค่าอยู่ในช่วง

1.12 ถึง 1.51 รวมทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 10.14 และนักเรียนทำแบบทดสอบเรื่องการสังเกตได้มากที่สุด ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบฉบับนี้แต่ละทักษะมีค่าอยู่ในช่วง 0.533 ถึง 0.776 รวมทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.921

ตาราง 11 ค่าสถิติพื้นฐานและค่าความเชื่อมั่นของคะแนนของแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 2 จากการทดสอบครั้งที่ 2

ทักษะ	N	n	K	$\bar{X}$	S.D.	α
สถานการณ์ที่ 1						
การตั้งสมมติฐาน	60	1	4	2.53	1.36	0.873
การทดลอง	60	1	4	2.40	0.96	
การกำหนดตัวแปร	60	1	4	2.42	1.01	
การจัดกระทำ/สื่อความหมายข้อมูล	60	1	4	3.25	1.02	
การลงความคิดเห็นจากข้อมูล	60	1	4	2.13	1.31	
การตีความหมาย/ลงสรุปข้อมูล	60	1	4	2.70	0.93	
การนิยามเชิงปฏิบัติการ	60	1	4	2.32	1.31	
รวมทั้ง 7 สถานการณ์ (ทักษะ)	60	7	28	18.75	7.9	
สถานการณ์ที่ 2						
การตั้งสมมติฐาน	60	1	4	3.05	1.03	0.770
การทดลอง	60	1	4	2.58	1.08	
การกำหนดตัวแปร	60	1	4	3.12	1.06	
การจัดกระทำ/สื่อความหมายข้อมูล	60	1	4	2.78	1.22	
การลงความคิดเห็นจากข้อมูล	60	1	4	2.83	1.15	
การตีความหมาย/ลงสรุปข้อมูล	60	1	4	2.68	1.13	
การนิยามเชิงปฏิบัติการ	60	1	4	2.32	1.27	
รวมทั้ง 7 สถานการณ์ (ทักษะ)	60	7	28	19.36	7.94	

ตาราง 11 (ต่อ)

ทักษะ	N	n	K	$\bar{X}$	S.D.	α
สถานการณ์ที่ 3						
การตั้งสมมติฐาน	60	1	4	2.62	1.45	0.606
การทดลอง	60	1	4	3.05	1.00	
การกำหนดตัวแปร	60	1	4	3.08	1.08	
การจัดกระทำ/สื่อความหมายข้อมูล	60	1	4	2.95	1.10	
การลงความคิดเห็นจากข้อมูล	60	1	4	2.50	1.32	
การตีความหมาย/ลงสรุปข้อมูล	60	1	4	2.82	1.27	
การนิยามเชิงปฏิบัติการ	60	1	4	2.80	1.18	
รวมทั้ง 7 สถานการณ์ (ทักษะ)	60	7	28	19.82	8.40	
สถานการณ์ที่ 4						
การตั้งสมมติฐาน	60	1	4	3.18	1.03	0.814
การทดลอง	60	1	4	2.70	1.12	
การกำหนดตัวแปร	60	1	4	2.63	1.12	
การจัดกระทำ/สื่อความหมายข้อมูล	60	1	4	2.63	1.02	
การลงความคิดเห็นจากข้อมูล	60	1	4	2.70	1.27	
การตีความหมาย/ลงสรุปข้อมูล	60	1	4	2.82	1.16	
การนิยามเชิงปฏิบัติการ	60	1	4	2.73	1.06	
รวมทั้ง 7 สถานการณ์ (ทักษะ)	60	7	28	19.39	7.78	
รวมทั้งฉบับ	60	28	112	76.30	10.66	0.915

จากตาราง 11 พบว่า ค่าเฉลี่ยของแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 2 แต่ละทักษะมีค่าอยู่ในช่วง 2.13 ถึง 3.25 รวมทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 96.30 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบทดสอบฉบับนี้ แต่ละทักษะมีค่าอยู่ในช่วง 0.93 ถึง 1.45 รวมทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 10.66 และพบว่านักเรียนสามารถทำแบบทดสอบในสถานการณ์ที่ 3

หมายเหตุ

- 1 = ทักษะการสังเกต 2 = ทักษะการวัด 3 = ทักษะการคำนวณ
 4 = ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา
 5 = ทักษะการพยากรณ์ 6 = ทักษะการจำแนกประเภท
 7 = ทักษะการตั้งสมมติฐาน 12 = ทักษะการทดลอง
 8 = ทักษะการควบคุมตัวแปร
 9 = ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล
 10 = ทักษะการลงความเห็น 13 = ทักษะการการตีความและสรุปข้อมูล
 11 = ทักษะการนิยามปฏิบัติการ

* มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.01 ** มีนัยสำคัญที่ระดับ 0.001

ขีดเส้น _ แสดงว่าเที่ยงตรงเชิงเหมือน
 () แสดงว่าเที่ยงตรงเชิงจำแนก

จากตาราง 12 พบว่า ปรากฏว่าข้อมูลมีความสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบที่วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของ ดร.ส.วาสนา ประवालพฤษ์ กับแบบทดสอบที่สร้างขึ้น ปรากฏว่า แบบทดสอบย่อยของทั้ง 2 ฉบับที่วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบบเดียวกัน มีค่าสัมประสิทธิ์สัมพันธ์อยู่ในช่วง 0.510 ถึง 0.771 รวมทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 0.822 มีความเที่ยงตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 แสดงว่า แบบทดสอบภาคปฏิบัติที่สร้างมีความเที่ยงตรงเชิงเหมือน (Convergent Validity) และแบบทดสอบย่อยที่วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกัน มีค่าสหสัมพันธ์อยู่ในช่วง -.177 ถึง 0.649 ซึ่งเป็นค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่ต่ำกว่าทักษะเดียวกันแสดงว่ามีความเที่ยงตรงเชิงจำแนก (Discriminate Validity) แต่มีความเที่ยงตรงเชิงจำแนก 4 ค่า ที่มีค่าสูง คือความเที่ยงตรงเชิงจำแนกระหว่างทักษะการคำนวณกับทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการคำนวณกับทักษะนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลากับทักษะการลงความคิดเห็น และทักษะการทดลองกับทักษะการวัด โดยมีค่าเท่ากับ 0.511, 0.542 ,0.649 และ 0.494 และพบว่าแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นมีค่าความเที่ยงตรงเชิงเหมือนสูงกว่าค่าความเที่ยงตรงเชิงจำแนก แสดงว่าแบบทดสอบมีความเที่ยงตรงเชิงโครงสร้าง

ตาราง 13 ค่าความเที่ยงตรงตามโครงสร้างของแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของแต่ละทักษะ และทั้งฉบับ ด้วยวิธีหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในจากจำนวนผู้สอบ 60 คน

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	#
1	1.000	.402*	.563*	.632*	.478*	.862*	.454*	.442*	.591*	.642*	.413*	.528*	.501*	.871**
2		1.000	.347*	.472*	.511*	.263*	.581*	.315*	.262*	.329*	.573*	.388*	.474*	.629**
3			1.000	.325*	.242*	.349*	.235*	.389*	.314*	.493*	.381*	.289*	.442*	.512**
4				1.000	.433*	.404*	.370*	.621*	.411*	.442*	.644*	.675*	.538*	.717**
5					1.000	.342*	.566*	.288*	.699*	.362*	.628*	.712*	.657*	.803**
6						1.000	.475*	.589*	.606*	.517*	.538*	.609*	.483*	.824**
7							1.000	.614*	.577*	.566*	.449*	.489*	.675*	.729**
8								1.000	.428*	.497*	.363*	.587*	.485*	.644**
9									1.000	.622*	.517*	.675*	.709*	.813**
10										1.000	.614*	.463*	.589*	.776**
11											1.000	.434*	.399*	.338**
12												1.000	.175*	.672**
13													1.000	.819**
# รวมทั้งฉบับ														1.000

จากตาราง 13 พบว่า แบบทดสอบที่วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์อยู่ในช่วง 0.235 ถึง 0.862 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างแบบทดสอบทั้งฉบับกับแต่ละทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีค่าอยู่ในช่วง 0.512 ถึง 0.871 มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 ซึ่งมีความสัมพันธ์กันสูงมากแสดงว่าแบบทดสอบที่สร้างขึ้นมีความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง

บทที่ 5

สรุป อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
2. เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบภาคปฏิบัติที่สร้างขึ้นในเรื่องความเที่ยงตรง

ความยากง่าย อำนาจจำแนกและความเชื่อมั่น

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ของโรงเรียนหนองโพวิทยา จังหวัดราชบุรี จำนวน 60 คน ซึ่งเลือกมาโดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) มีห้องเรียนเป็นหน่วยการสุ่ม (Sampling Unit)

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า

เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ เป็นแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะ ลักษณะของแบบทดสอบเป็นแบบทดสอบที่นักเรียนต้องลงมือปฏิบัติ และมีการบันทึกจากการปฏิบัติ จำนวน 52 ข้อ โดยแบ่งเป็น 2 ฉบับ ดังนี้

ฉบับที่ 1 วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 6 ทักษะ โดยกำหนดเป็นสถานการณ์การทดลอง 1 สถานการณ์ และมีกิจกรรมให้นักเรียนปฏิบัติ 1 ข้อ แต่ละทักษะมีข้อสอบทักษะละ 4 ข้อ ดังนั้นข้อสอบทั้งฉบับมี 24 สถานการณ์ มีกิจกรรมให้นักเรียนปฏิบัติ 24 ข้อ

ฉบับที่ 2 วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 2 ทักษะ คือทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูลและทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล และทักษะขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ โดยกำหนดเป็นสถานการณ์การทดลอง 1 สถานการณ์ มีกิจกรรมให้นักเรียนปฏิบัติ 7 ข้อ ทักษะละ 1 ข้อ มีทั้งหมด 4 สถานการณ์ ดังนั้นจะมีกิจกรรมให้นักเรียนปฏิบัติทั้งหมด 28 ข้อ

วิธีดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลมาทำการวิเคราะห์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเป็นขั้นตอน ดังนี้

1. ติดต่อโรงเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง และนัดหมาย วัน เวลา เพื่อนำแบบทดสอบไปสอบ

2. เตรียมแบบทดสอบ และอุปกรณ์ในการปฏิบัติให้เพียงพอกับจำนวนนักเรียนที่สอบในแต่ละครั้ง วางแผนดำเนินการสอบ รวมทั้งผู้ดำเนินการสอบห้องละ 2 คน ซึ่งผู้ดำเนินการสอบชี้แจงการปฏิบัติในการดำเนินการ ดังนี้

2.1 อธิบายให้นักเรียนในกลุ่มตัวอย่างเข้าใจวัตถุประสงค์ และผลประโยชน์ที่ได้รับจากการทำแบบทดสอบ

2.2 อธิบายให้ผู้เข้าสอบทุกคนเข้าใจถึงวิธีดำเนินการสอบแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิธีการปฏิบัติ และวิธีตอบ ก่อนที่จะให้ผู้เข้าสอบลงมือทำ

3. นำแบบทดสอบไปทดสอบกับกลุ่มตัวอย่าง ดังนี้

3.1 ให้นักเรียนห้อง 2/1 และห้อง 2/2 ทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ทั้ง 13 ทักษะของรองศาสตราจารย์ ส.วาสนา ประवालพฤษ์ ที่มีจำนวน 40 ข้อ

3.2 ให้นักเรียนทั้ง 2 ห้อง ทำแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ทั้ง 4 ฉบับ โดยแบ่งการสอบออกเป็น 4 ครั้ง ดังนี้

ครั้งที่ 1 ห้อง 2/1 ทำแบบทดสอบภาคปฏิบัติ ฉบับที่ 1

ครั้งที่ 2 ห้อง 2/2 ทำแบบทดสอบภาคปฏิบัติ ฉบับที่ 2

ครั้งที่ 3 ห้อง 2/1 ทำแบบทดสอบภาคปฏิบัติ ฉบับที่ 2

ครั้งที่ 4 ห้อง 2/2 ทำแบบทดสอบภาคปฏิบัติ ฉบับที่ 1

ซึ่งในการทดสอบแต่ละครั้งจะทำการแบ่งนักเรียนที่เข้าสอบเป็น 2 กลุ่มย่อย ๆ ดังนี้ ห้อง 2/1 แบ่งเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มละ 16 คน โดยถือลำดับจากการสุ่มเป็นสำคัญให้ 16 คนแรกเข้าสอบชุดที่ 1 16 คนต่อมาเข้าสอบชุดที่ 2 ส่วนห้อง 2/2 แบ่งเป็นกลุ่มที่ 1 15 คน และกลุ่มที่ 2 14 คน โดยถือลำดับจากการสุ่มเป็นสำคัญ โดยให้ 15 คนแรกเข้าสอบชุดที่ 1 14 คนต่อมาเข้าสอบชุดที่ 2 ซึ่งในการสอบทุกครั้งจะทำการสอบเป็นรายบุคคล

4. หลังจากดำเนินการสอบกับกลุ่มตัวอย่างครบทั้ง 4 ครั้งแล้ว แยกผลการประเมินที่ได้จากผู้ประเมินแต่ละคนออกจากกันแล้วเรียงตามลำดับเลขที่ของนักเรียนแต่ละห้อง

5. นำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าสถิติ

สรุปผลการศึกษาค้นคว้า

1. ประเมินคุณภาพแบบทดสอบขั้นต้น โดยการหาความเที่ยงตรงเชิงพินิจ (Face Validity) โดยให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน พิจารณาแบบทดสอบเป็นรายข้อ โดยใช้เกณฑ์ 4 ใน 5 ของผู้เชี่ยวชาญบอกว่าใช้ได้ แสดงว่ามีความเที่ยงตรงเชิงพินิจ ได้ข้อสอบที่ผ่านการพิจารณาจำนวน 52 ข้อ

2. ทดสอบครั้งที่ 1

2.1 หาค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบฉบับที่ 1 จำนวน 24 ข้อ ได้ผลการวิเคราะห์ ดังนี้

2.1.1 เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 90 – 120 นาที

2.1.2 ค่าเฉลี่ยของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะมีค่าอยู่ในช่วง 1.94 ถึง 3.91 รวมทั้งฉบับ มีค่าเท่ากับ 73.98

2.1.3 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบทดสอบแต่ละทักษะมีค่าอยู่ในช่วง 0.08 ถึง 1.90 รวมทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 7.54

2.2 หาค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบฉบับที่ 2 จำนวน 28 ข้อ ได้ผลการวิเคราะห์ ดังนี้

2.2.1 เวลาที่ใช้ในการทำแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ 120 นาที

2.2.2 ค่าเฉลี่ยของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แต่ละทักษะมีค่าอยู่ในช่วง 2.22 ถึง 3.44 รวมทั้งฉบับ มีค่าเท่ากับ 82.4

2.2.3 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบทดสอบแต่ละทักษะมีค่าอยู่ในช่วง 0.33 ถึง 2.00 รวมทั้งฉบับมีค่าเท่ากับ 9.87

2.3 หาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ ได้ผลการวิเคราะห์ ดังนี้

2.3.1 ค่าความยากของแบบทดสอบฉบับที่ 1 ที่คัดเลือกและนำมาปรับปรุงทั้งหมด 24 ข้อ มีค่าอยู่ในช่วง 0.48 ถึง 0.81

2.3.2 ค่าความยากของแบบทดสอบฉบับที่ 2 ที่คัดเลือกและนำมาปรับปรุงทั้งหมด 28 ข้อ มีค่าอยู่ในช่วง 0.34 ถึง 0.78

2.3.3 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบฉบับที่ 1 ที่คัดเลือกและนำมาปรับปรุงทั้งหมด 24 ข้อ มีค่าอยู่ในช่วง 0.38 ถึง 1

2.3.4 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบฉบับที่ 2 ที่คัดเลือกและนำมาปรับปรุง
ทั้งหมด 28 ข้อ มีค่าอยู่ในช่วง 0.29 ถึง 1.00

3. ทดสอบครั้งที่ 2

3.1 หาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ ได้ผลการวิเคราะห์
ดังนี้

3.1.1 ค่าความยากของแบบทดสอบฉบับที่ 1 ทั้งหมด 24 ข้อ มีค่าอยู่ในช่วง
0.48 ถึง 0.68

3.1.2 ค่าความยากของแบบทดสอบฉบับที่ 2 ทั้งหมด 28 ข้อ มีค่าอยู่ในช่วง
0.52 ถึง 0.79

3.1.3 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบฉบับที่ 1 ทั้งหมด 24 ข้อ มีค่า
อยู่ในช่วง 0.20 ถึง 0.45

3.1.4 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบฉบับที่ 2 ทั้งหมด 28 ข้อ มีค่า
อยู่ในช่วง 0.20 ถึง 0.52

3.2 หาค่าสถิติพื้นฐานของแบบทดสอบ ได้ผลการวิเคราะห์ดังนี้

3.2.1 ค่าเฉลี่ยของแบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับ

3.2.1.1 ค่าเฉลี่ยของแบบทดสอบฉบับที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง 1.88 ถึง
2.72 รวมทุกทักษะมีค่าเท่ากับ 55.93

3.2.1.2 ค่าเฉลี่ยของแบบทดสอบฉบับที่ 2 มีค่าอยู่ในช่วง 2.13 ถึง
3.25 รวมทุกทักษะมีค่าเท่ากับ 76.30

3.2.2 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับ

3.2.2.1 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบทดสอบฉบับที่ 1 แต่ละ
ทักษะมีค่าอยู่ในช่วง 1.12 ถึง 1.52 รวมทุกทักษะมีค่าเท่ากับ 10.14

3.2.2.2 ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของแบบทดสอบฉบับที่ 2 แต่ละ
ทักษะมีค่าอยู่ในช่วง 0.93 ถึง 1.45 รวมทุกทักษะมีค่าเท่ากับ 10.66

3.2.3 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับ

3.2.3.1 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบฉบับที่ 1 แต่ละทักษะมีค่า
อยู่ในช่วง 0.533 ถึง 0.776 รวมทุกทักษะ (รวมทั้งฉบับ) มีค่าเท่ากับ 0.921

3.2.3.2 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบฉบับที่ 2 แต่ละทักษะมีค่าอยู่ในช่วง 0.606 ถึง 0.873 รวมทุกทักษะ (รวมทั้งฉบับ) มีค่าเท่ากับ 0.915

3.2.4 ค่าความเชื่อมั่นของการตรวจให้คะแนนระหว่างผู้ประเมิน 2 คน มีค่าเท่ากับ 1.00

3.3 ความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง (Construct Validity) ของแบบทดสอบ

3.3.1 หาความเที่ยงตรงตามโครงสร้างของแบบทดสอบด้วยวิธี หลายคุณลักษณะ หลายวิธีการ (Multitrait Multimethod) มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแบบทดสอบที่ข้อทักษะเดียวกันและทักษะต่างกัน มีค่าอยู่ในช่วง 0.510 ถึง 0.771 และ -0.177 ถึง 0.649 ตามลำดับ

3.3.2 หาความเที่ยงตรงตามโครงสร้างของแบบทดสอบด้วยวิธีหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในของแบบทดสอบแต่ละทักษะ และของแบบทดสอบทั้งฉบับ มีค่าอยู่ในช่วง 0.235 ถึง 0.862 และ 0.512 ถึง 0.871 ตามลำดับ

อภิปรายผล

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มีจุดมุ่งหมาย เพื่อสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะ พร้อมทั้งเกณฑ์ในการประเมินผลการให้คะแนนการวัดภาคปฏิบัติ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ซึ่งอภิปรายผลได้ดังนี้

1. ในการสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 2 ฉบับ ผู้วิจัยได้นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปขอคำแนะนำและพิจารณาจากผู้เชี่ยวชาญ เพื่อดูความเที่ยงตรงเชิงพินิจ (Face Validity) ผู้เชี่ยวชาญส่วนใหญ่มีความคิดเห็นสอดคล้องกันว่าข้อสอบทั้ง 52 ข้อนี้ สามารถวัดได้ตรงตามคุณลักษณะของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ตามที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกำหนด

2. จากการทดสอบครั้งที่ 1 ผู้วิจัยได้คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกใกล้เคียงกับที่ ขวาล แพรัตกุล (2520 : 314 – 317) ได้กำหนดไว้ว่าข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายระหว่าง 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป เป็นข้อสอบที่มีคุณภาพ แต่จากการทดสอบครั้งนี้มีข้อสอบบางข้อที่มีคุณภาพต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด อาจเป็น

เพราะว่าอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติบางข้อยังไม่เหมาะสม และคำสั่งในข้อสอบบางข้อผู้สอบยังเข้าใจไม่ตรงกัน

3. การทดสอบครั้งที่ 2 ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพจำนวน 52 ข้อ เป็นฉบับที่ 1 24 ข้อ ฉบับที่ 2 28 ข้อ ซึ่งเป็นข้อสอบที่อยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ได้ดี โดยขอแยกกล่าว ดังนี้

3.1 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบฉบับที่ 1 และ 2 อยู่ในเกณฑ์ตามที่ ชวาล แพรัตกุล (2520 : 314 – 317) ได้กำหนดไว้ คือ จากการทดสอบครั้งนี้ แบบทดสอบฉบับที่ 1 มีค่าความยากอยู่ในช่วง 0.48 ถึง 0.69 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.20 ถึง 0.45 และฉบับที่ 2 มีค่าอยู่ในช่วง 0.52 ถึง 0.79 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.20 ถึง 0.52 ซึ่งเป็นข้อสอบที่มีคุณภาพดี และเหมาะสมทั้งฉบับ

3.2 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแต่ละทักษะและรวมทั้งฉบับของแบบทดสอบฉบับที่ 1 มีค่าอยู่ในช่วง -0.198 ถึง 0.776 และ 0.921 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแต่ละทักษะและรวมทั้งฉบับของแบบทดสอบฉบับที่ 2 มีค่าอยู่ในช่วง -0.404 ถึง 0.576 และ 0.915 ตามลำดับ ค่าความเชื่อมั่นของบางทักษะมีค่าต่ำเนื่องจากจำนวนข้อของแบบทดสอบมีน้อย จะทำให้ค่าความแปรปรวนของแบบทดสอบน้อย ซึ่งส่งผลให้ความเชื่อมั่นต่ำ (Mehrens & Lehmann. 1978 : 101 – 102) เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบกับแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นปรนัยซึ่งสร้างโดย รศ.ดร.ส. วาสนา ประवालพฤษ มีค่าความเชื่อมั่นแต่ละทักษะ ตั้งแต่ 0.204 ถึง 0.684 และรวมทั้งฉบับมีค่า 0.768 และ รวีวรรณ อังคนุรักษ์พันธ์ มีค่าความเชื่อมั่นแต่ละทักษะ ตั้งแต่ 0.2290 ถึง 0.5769 และรวมทั้งฉบับมีค่า 0.8383 (รวีวรรณ อังคนุรักษ์พันธ์ 2531 : 23 – 43) ส่วนแบบทดสอบภาคปฏิบัติหนึ่งซึ่งสร้างโดยวิพนชัย จันทรวิญกุล มีค่าความเชื่อมั่นแต่ละทักษะ ตั้งแต่ 0.436 ถึง 0.570 และรวมทั้งฉบับมีค่า 0.750 (วิพนชัย จันทรวิญกุล 2538 : 84 –86)เมื่อเปรียบเทียบกับแบบทดสอบต่างประเทศซึ่งสร้างโดย พีเรซ มีค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ 0.37 (Perez. 1978 ; 3496 – A) จะเห็นว่าแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีค่าความเชื่อมั่นใกล้เคียงกับผลงานวิจัยดังกล่าวและมีค่าความเชื่อมั่นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3.3 ความเชื่อมั่นของการตรวจให้คะแนนระหว่างผู้ประเมินทั้ง 2 คน โดยใช้สูตรสัมประสิทธิ์การสรุปอ้างอิง ได้ค่าสัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่นเท่ากับ 1.00 ซึ่งใกล้เคียงกับที่

ล้วน สายยศ และ อังคณา สายยศ (2529 : 209) ได้กำหนดไว้ว่าข้อสอบที่มีความเชื่อมั่นจะมีค่าอยู่ระหว่าง -1 ถึง $+1$ และมีค่ามากกว่า 0.70

3.4.ความเที่ยงตรงตามโครงสร้างของแบบทดสอบ ผู้วิจัยได้หาความเที่ยงตรงออกเป็น 2 ลักษณะ คือ

3.4.1 ค่าความเที่ยงตรงตามโครงสร้างของแบบทดสอบ ด้วยวิธี Multitrait Multimethod โดยแบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับ ที่วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เดียวกันมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ที่สูงกว่าที่วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่างกัน แต่มีในกรณีที่แบบทดสอบที่วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ต่างกันแต่มีค่าสหสัมพันธ์สูง ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลเช่นนี้สอดคล้องกับ มาช, สมิท และบราเนส (Marsh, Smith and Barnes.1983 : 197) ได้เสนอการวิเคราะห์เพื่อหาความเที่ยงตรงตามโครงสร้างด้วยวิธี Multitrait Multimethod โดยกำหนดหลักการ ดังนี้

1. ถ้าแบบทดสอบต่าง ๆ ต่างวัดลักษณะเดียวกันแล้ว สหสัมพันธ์จากผลการสอบด้วยแบบทดสอบเหล่านี้จะสูง เรียกลักษณะแบบทดสอบเช่นนี้ว่ามีความเที่ยงตรงเหมือน (Convergent Validity)

2. ถ้าแบบทดสอบต่าง ๆ ต่างวัดลักษณะต่างกันแล้ว สหสัมพันธ์จากผลการสอบด้วยแบบทดสอบเหล่านี้จะมีค่าต่ำกว่าแบบทดสอบที่วัดลักษณะเดียวกัน เรียกลักษณะแบบทดสอบเช่นนี้ว่ามีความเที่ยงตรงเชิงจำแนก (Discriminant Validity)

3. ถ้าแบบทดสอบที่วัดลักษณะต่างกัน แต่ผลการวัดมีค่าสหสัมพันธ์ค่อนข้างสูง เหตุการณ์เช่นนี้ถือว่าเป็นดัชนีที่ขัดแย้งกับความเที่ยงตรงเชิงจำแนก สิ่งนี้อาจเกิดขึ้นได้เนื่องจากโครงสร้างของสิ่งที่วัดทั้ง 2 นั้นมิได้แยกจากกันอย่างเด่นชัดนัก

3.4.2 ค่าความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง จากการหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในของแบบทดสอบแต่ละทักษะ และทั้งฉบับ ได้ค่าสัมประสิทธิ์อยู่ในเกณฑ์สูง และมีความเที่ยงตรงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของแต่ละทักษะ และทั้งฉบับ ที่ระดับ 0.01 และ 0.001 ตามลำดับ แสดงว่า แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นนี้สามารถวัดได้ตรงตามคุณลักษณะของแต่ละทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 13 ทักษะ

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะในการนำไปใช้

จากการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ทำให้ผู้วิจัยได้แนวคิดที่จะเสนอแนะไว้ดังนี้

1.1 เนื่องจากแบบทดสอบที่สร้างมีความเที่ยงตรง แต่นักเรียนมีความรับผิดชอบน้อยในการทดสอบภาคปฏิบัติ ทำให้ได้แนวคิดว่าควรให้นักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างมีส่วนร่วมในการจัดเตรียมอุปกรณ์และสถานที่ในการทำการทดลอง

1.2 สำหรับครูผู้สอนที่จะใช้แบบทดสอบภาคปฏิบัติ ควรใช้การบันทึกเทปในขณะที่ทำการทดสอบ

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ควรได้สร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในลักษณะการทำโครงการในหัวข้อที่เกี่ยวกับเรื่องอื่น, ชั้นอื่นที่จะเน้นการปฏิบัติ

2.2 ควรมีการสร้างเกณฑ์ในการให้คะแนนที่ลึกซึ้งมากกว่าวิธี Rating scale

บรรณานุกรม

บรรณานุกรม

- กมล สุดประเสริฐ. (2528). *หลักและวิธีการวัดผล*. กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิช.
- กรมการฝึกหัดครู. (2523). “หน่วยที่ 3 เรื่องทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์,” ใน *คู่มือครูชุดการเรียนรู้การสอนวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพ*. กรุงเทพฯ : กรมฯ.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2533). *หลักสูตรประถมศึกษา พุทธศักราช 2521 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ.2533)*. กรุงเทพฯ : กรมวิชาการ กระทรวงฯ.
- เกียรติคุณ กังวาลวงศ์ไพศาล. (2533). *การศึกษากระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการสังเกตของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดพิษณุโลก*. ปรินญานิพนธ์ กศ.บ. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). พิษณุโลก : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร. ถ่ายเอกสาร.
- โกวิท ประวาลพุกษ์ และสมศักดิ์ สินธุระเวชญ์. (2527). *การประเมินในชั้นเรียน*. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : วัฒนาพานิช.
- เขมิกาญจน์ ทองมา. (2540). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนโดยการฝึกสร้างเกมวิทยาศาสตร์คอมพิวเตอร์กับการสอนตามแนวของ สสวท*. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- จ่านง พรายแยมแซ. (2529). *เทคนิคการวัดและประเมินผลการเรียนรู้กับการสอนซ่อมเสริม (ตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์)*. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.
- ชาวล แพร่ตกุล. (2520). *เทคนิคการเขียนข้อสอบ*. กรุงเทพฯ : ทักษะอักษร.
- โชค ดันศิริ. (2514). *การศึกษาพัฒนาการของเด็กนักเรียนในโรงเรียนสังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดพระนครในด้านการจำแนกสิ่งของโดยอาศัยสีและรูปร่าง*. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (เทคโนโลยีทางการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- โชติ เพชรชื่น. (2527, กันยายน). “การสอนการสอบเพื่อความคิดเป็น,” *การวัดผล*

เชิดศักดิ์ โฉวาสินธุ์. (2529, 15 มิถุนายน). “การทดสอบภาคปฏิบัติ,” มิตรครู. 12(28) : 16.

เชาวนา เชาวลิตธำรง. (2534). “การตรวจให้คะแนนการทดสอบภาคปฏิบัติ,” การวัดผล
การปฏิบัติงาน. 45 – 50.

ชัยยศ จำเนียรกุล. (2532). ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการขั้นพื้นฐาน และเจตคติทาง
วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในจังหวัดสิงห์บุรี ที่ใช้แบบเรียน
วิทยาศาสตร์ของ สสวท. พ.ศ.2531. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ :
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.

ทบวงมหาวิทยาลัย. (2525). ชุดการเรียนรู้การสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ :
ทบวงฯ.

ทองหล่อ ทองสุข. (2535). การศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการหาความ
สัมพันธ์ระหว่างปริภูมิกับปริภูมิและปริภูมิกับเวลาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3
ในจังหวัดกำแพงเพชร. ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ :
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.

ธงชัย ชิวปรีชา และทวีศักดิ์ จินดานุรักษ์. (2525. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 1.
(เอกสารการสอนชุดวิทยาศาสตร์ 3 หน่วยที่ 1 – 5). กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ธีระชัย นนพิภักดิ์. (2530). องค์ประกอบบางประการที่มีอิทธิพลต่อทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์ขั้นผลสมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดอุดรธานี.
ปรินูญานิพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.

ธีระชัย บุรณโชติ. (2517ล กรกฎาคม). “การสอนวิทยาศาสตร์สมัยใหม่,” วารสาร
วิทยาศาสตร์. 47.

นงลักษณ์ เหล่าแสง. (2534). การเปรียบเทียบทักษะการสังเกตของนักเรียนชั้นประถมศึกษา
ปีที่ 3 – 4 ในจังหวัดเชียงใหม่ ที่เรียนตามโครงการทดลองสอนของ สสวท. กับนักเรียน
ตามปกติ. ปรินูญานิพนธ์ ศศ.บ. (การสอนวิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสารการสอนชุดวิทยาศาสตร์ 3 หน่วยที่ 1 – 5)
กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

- น้อยทิพย์ คัตตรศาสตร์. (2521). การศึกษาความสัมพันธ์ของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานความสามารถในการแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. ปรินูญานินพนธ์ กศ.ม. (ภาควิชาประถมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.
- นิคม ทาแดง และสุจินต์ วิสุทธิรานนท์. (2525). ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์. (เอกสารการสอนชุดวิทยาศาสตร์ 3 หน่วยที่ 1 – 5) กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- นิเชต สุนทรพิทักษ์. (2533). การจัดการศึกษาวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกับความมั่นคงของชาติ. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์การศาสนา.
- ประณีต วิบุลย์พินธุ์. (2521). พฤติกรรมการสอนวิทยาศาสตร์ในชั้นมัธยมศึกษา (ตอนที่ 1). ภาควิชาหลักสูตรการสอน. คณะศึกษาศาสตร์. มหาวิทยาลัยรามคำแหง.
- ประดิษฐ์ สนั่นเอื้อ. (2527). ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูง และการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดกาฬสินธุ์. ปรินูญานินพนธ์ ศศ.บ. (สาขาการสอนวิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- ประหยัด จันทรชมภู และประสพสันต์ อักษรมัต. (2518). วิธีการสอนวิทยาศาสตร์ชั้นประถมศึกษา. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์คุรุสภา.
- ปิยมาภรณ์ พรหมมณี. (2522). ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน ในกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต เรื่อง สัตว์ และพืช ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 2 สังกัดองค์การบริหารส่วนจังหวัดชัยภูมิ. ปรินูญานินพนธ์ ศศ.ม. (สาขาการสอนวิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- ปรีชา วงษ์ชูศรี. (2527). การจัดลำดับเนื้อหาและประสบการณ์. (เอกสารการสอนชุดวิชาการสอนวิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- เปียน ไชยสร. (2529, กันยายน). “การวัดผลภาคปฏิบัติ,” วารสารการวัดผลการศึกษา 8(23) : 16.

- พจน์ สะเพียรชัย. (2517, มกราคม). “การวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์,” *พัฒนา* 10 : 49 – 51.
- พิศาล สร้อยรุห์รา. (2525). *ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 4*. (เอกสารการสอนชุดวิชา วิทยาศาสตร์ 3 หน่วยที่ 1 – 5). กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.
- พันธุ์ทิพย์ ทิมสุกใส. (2524). *การเปรียบเทียบด้านทักษะการสังเกตของนักเรียนตามโครงการทดลองสอนของ สสวท. ระดับประถมศึกษาปีที่ 3 – 4 จังหวัดอุดรธานี* ปรินญาณิพนธ์ ศศ.ม. (สาขาการสอนวิทยาศาสตร์) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- ไพศาล หวังพานิช. (2526). *การวัดผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช.
- มานิช วาตะพุกคณะ. (2523). *สัมฤทธิ์ผลด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และพฤติกรรมด้านทักษะปฏิบัติ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 (ม.2) โรงเรียนบุญวัฒนา นครราชสีมา*. ปรินญาณิพนธ์ ศศ.ม. (สาขาการสอนวิทยาศาสตร์) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- ยุพา ตันติเจริญ. (2531, กรกฎาคม). “การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาในชนบท,” *วารสารคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติว่าด้วยการศึกษาและมัธยมศึกษาสหประชาชาติ*. 20 : 41 – 42.
- ยุพา วีระไวทยะ. (2527). *ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์*. (เอกสารประกอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ : ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- เยี่ยมลักษณ์ เฉลิมพัทธ์. (2524). *ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานในกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 3 ในเขตป้อมปราบศัตรูพ่าย กรุงเทพมหานคร*. ปรินญาณิพนธ์ ศศ.ม. (สาขาการสอนวิทยาศาสตร์) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- รวีวรรณ อังคนุรักษ์พันธ์. (2531). *การสร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์*. ปรินญาณิพนธ์ ศศ.ม. (สาขาการวัดผลทางการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.

- รุจี ไรจนประศาสตร์. (2523). ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
ทัศนคติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 เขตการศึกษา 2. ปรินูญานิพนธ์ ศศ.ม. กรุงเทพฯ :
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2522). สถิติวิธีเอกการมัธยมศึกษาทางการศึกษา.
พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ไทยวัฒนาพานิช.
- _____. (2538). เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์ศูนย์การส่งเสริม
วิชาการ.
- วรรณทิพา รอดแรงคำ และพิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2532). กิจกรรมวัดทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์สำหรับครู. กรุงเทพฯ : สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- วิชุดา งามอักษร. (2541). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์วัดทักษะ
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการและความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยการสอนแบบเอส เอส ซี เอส กับการสอน
ตามคู่มือครู. ปรินูญานิพนธ์ ศศ.ม. (เอกการมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ :
- วิรัช ชันทยานุกุลกิจ. (2536). การทดลองใช้ชุดการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างเสริมทักษะ
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในโรงเรียน
จำการบุญ พิษณุโลก. ปรินูญานิพนธ์ ศศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- วัฒนชัย จันทรวิฑูล. (2538). การสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน. ปรินูญานิพนธ์ ศศ.ม. (สาขาการวัดผลทางการศึกษา).
กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.
ถ่ายเอกสาร.
- ศศิเกษม ทองยงค์ และลีลา สีนานูเคราะห์. (2524). วิธีการสอนวิทยาศาสตร์สรุปเนื้อหา
หลักสูตรใหม่. 2522. กรุงเทพฯ : โรงพิมพ์ชวนพิมพ์.
- ศุภชัย ดันศิริ. (2520). การศึกษาเปรียบเทียบพัฒนาการด้านความคิดรวบยอด ของเด็ก
นักเรียนในเมืองและเด็กนักเรียนในชนบท ในด้านการจำแนกสิ่งของโดยอาศัยรูปร่าง.
ปรินูญานิพนธ์ ศศ.ม. (สาขาเทคโนโลยีทางการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย

มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2523). *เอกสารในการอบรมครูวิทยาศาสตร์*. (เอกสารในการอบรมครูวิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

_____. (2524). *ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และคำถามที่นำไปสู่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ : สถาบันฯ.

_____. (2527). *12 ปี ของการพัฒนาด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในประเทศไทย*. กรุงเทพฯ : ชวนพิมพ์.

สถาพร ศรีสุข. (2524). *การสร้างชุดการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับครู*. ปรินญานิพนธ์ ศศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.

สมจิต สวณไพบูลย์. (2526). *วิทยาศาสตร์สำหรับครูประถม*. (เอกสารประกอบคำสอน). กรุงเทพฯ : ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ประสานมิตร.

สมชัย โกมล และคนอื่น ๆ. (2525). *การสร้างชุดการสอนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับครู*. (เอกสารประกอบวิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ : คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สมบูรณ์ ชิตพงษ์. (2525). *การวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน*. กรุงเทพฯ : สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ประสานมิตร.

สมพร ภูเจริญ. (2535). *การศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนประถมศึกษาในจังหวัดพิษณุโลก*. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.

ส.วาสนา ประवालพุกษ์. (2539). *การวัดผลการเรียนภาคปฏิบัติ*. (เอกสารประกอบการเรียนวัดผลการปฏิบัติขั้นสูง). กรุงเทพฯ : ภาควิชาพื้นฐานการศึกษา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

สาคร รักบำรุง. (2528). *ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานของนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 6 ในจังหวัดชุมพร*. ปรินญานิพนธ์ ศศ.ม. (การสอน

วิทยาศาสตร์). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ถ่ายเอกสาร.

สุนันท์ สลโกสม. (2527). *การทดสอบภาคปฏิบัติ*. (เอกสารประกอบการฝึกอบรม การวัดและประเมินผลการศึกษา). เชียงใหม่ : คณะเทคนิคการแพทย์ มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สุภรณ์ ลิ้มบริบูรณ์. (2535, กรกฎาคม). "การวัดผลการเรียนภาคปฏิบัติ," *สารพัฒนาหลักสูตร*. 12(111) : 85.

สุมาลี ดำรงไชย. (2537). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สอนโดยใช้แบบทดลองจากวัสดุในท้องถิ่นกับการสอนตามคู่มือครู*. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (เอกมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.

สุมน อมรวิวัฒน์. (2526). *ความสำคัญและขอบข่ายของกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต*. (เอกสารการสอนชุดวิชากลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต หน่วยที่ 1). กรุงเทพฯ : ในเต็ดโปรดักชั่น จำกัด.

สุวัฒน์ นิยมคำ. (2531). *ทฤษฎีและแนวทางในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ 2 เล่ม*. กรุงเทพฯ : เจเนอรัลคเชนเตอร์.

สุวิมล เขียวแก้ว. (2527). *การสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป*. (เอกสารประกอบการสอน). ภาควิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ วิทยาเขตปัตตานี.

เสนอ อินทรสุขศรี และคนอื่น ๆ. (2524, ธันวาคม). "หลักสูตรประถมศึกษา 2521 ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 นั้นเป็นฉันใด," *ประชากรศึกษา*. 3 : 216 – 32.

เสริม ทัดศรี. (2522). *การวิเคราะห์องค์ประกอบความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 (ม.1) ในจังหวัดสงขลา*. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (สาขาการวัดผลการศึกษา). กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.

- อดิษฐ์ พงษ์ทรัพย์. (2534). การศึกษาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการตั้งสมมติฐานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในจังหวัดพิษณุโลก. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. พิษณุโลก : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร. ถ่ายเอกสาร.
- อนันต์ จันทร์กวี. (2525). ผลการใช้คำถามของครูที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์และทัศนคติของนักเรียนชั้นมศ.2และม.2. กศ.ด. (การวิจัยและพัฒนาหลักสูตร) กรุงเทพฯ : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร. ถ่ายเอกสาร.
- อาภรณ์ ศิลป์ดอนบม. (2533). การศึกษากระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้านการจัดการกระทำและสื่อความหมายข้อมูล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จังหวัดขอนแก่น ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. พิษณุโลก : บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยนเรศวร. ถ่ายเอกสาร.
- อำนาจ เจริญศิลป์. ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ : โอเดียนสโตร์.
- American Association for the Advancement of Science. (AAAS). (1970). *Science A Process Approach*. New York : Comantary for Teacher.
- Anderson O. Roger. (1976). *The Experience of Science : A new Perspective for Laboratory Teaching*. New York : Teacher Coollege Columbia University.
- Barufaldi. James P. & M.A. Dietz. (1975, April). "Effect of Solid Object and Two a process Approach Classes," *Journal of Research in Science Teaching*. 12 : 407 – 413.
- Bloom, B.S. and Others. (1972). *Taxonomy of Educational Objectives : Handbook 1. Cognitive Domain*. New York : McKay. : 562 – 563.
- Bojtelmsit, Jogn W. "Convergent and Discriminant Validation of Chartered Life Under Writer (CLU) Exminations by the Multitrat – Multimethod Matrix," *Educational And psychologycal Measurement*. 39 : 891 – 8966.
- Bradfield, James M. & H. Stewart Moredock. (1957). *Measurement and Evaluation in Education*. New York : Macmillan.

- Burns, Joseph C. et.al. (1985, February). "Development of a Integrated Process Skill Test : TIPS," *Journal of Research in Science Testing*. 22(2) : 169 – 177.
- Canin, Arthur & B. Robert. (1975). *Teaching Science Through Discovery*. 3 rd ed. Ohio : Charles Emernill.
- Cartwright, Carol A. & Phillip G. Cartreigh. (1974). *Developing Observation Skill*. New York : McGraw – Hill Book.
- Duren Redeny 1. (1979, January). 'Wmeasuring the Process of Science Objectives,' *Science Education*. 62(1) : 24 – 25.
- Eggen, Paul D. et.al. (1979). *Strategies for Teacher*. New Jursey : Prentice Hall.
- Fisher, Robert B. (1975). *Science Man and Society*. 2 nd ed. Philadephia : W.B. Saunders.
- Gange, R.M. (1965). *Psychology Issue in Science A Process Approach in Psychological Bases of Science A process Aproach*. Washington D.C. : American Assosiation for the Advancement of Science.
- Gega, peter C. (1977). *Science in Elementary Education*. 3 rd ed. New York : John Wiley and Sons.
- George, Kenne D. & M.A. Dieta. (1972, March). "How Children Classify Objects," *Journal of Research in Science Teacher*. 8 : 277 – 283.
- Good, Panald G. (1972). *Science Children : Reading in Elementary Science Education*. Iowa : WM.C. Brown.
- Jacobson, W.J. & A.B. Bergman. (1987). *Science for Children*. 2 nd ed. New Jersey : Prentice – Hall.
- Kaur, Rajinder. (1973). "Evaluation of the Science Process Skills of Observation and Calssication," *Dissertation Abstracts International*. 186 – A.
- Klopfer, Leopard E. (1971). "Evolution of the Learning in Science," *Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. New York : Benjamin S. Bloom, et al. McGraw – Hill. 568 – 573.

- Kuslan L.T. & H.A. Stone. (1968). *Teaching Children Science and Inquiry Approach*. California : Wedsworth.
- Lewis, Lee C. (1964). "Concept Utilization in Preschool Children," *Child Development*. : 271 – 282.
- Ludeman, Robert R. (1974). *Development of the Science Process Skill Test*. Michigan : Ph.D. Thesi Michigan State University.
- Marsh, Herbert W., Ian D. Smith & Barnes, Jenifer. (1983). "Multitrait – multimethod Analyses of the Self – Description Questionnaire ; Student – Concept," *Amerian Education Education Research Journal*. 20 : 33 – 357.
- Mehrens, William A. & Irvin J. Lehmann. (1984). *Measurement and Evaluation in Education and Psychology*. New York : Rinchart and Winston.
- Molitor, Loretta. (1972, May). "And Interstigation to Develop and Instrument to Evaluate the Science Skills of Inference Prediction of Children in Grade Four, Five and Six," *Dissertation Abstracts International*. 32(11) : 6241 – A – 6242 – A.
- Mussen, Paul H. (1964). *The Psychological Development of the Child*. New Jersey : Prentice – Hill.
- Marshall And Loyde. (1971, April). "A Process Approach to teaching Science," *Science Education*. 59 : 135.
- Quinn, Marry Ellen & Kenneth D. Geroge. (1995, July). "The Teaching Hypolthesis Formative," *Science Education*. 59 : 289 – 296.
- Perez, Carolina V. (1978, December). "The Development and Evaluation of a test of Science Process for use in The Philippines," *Dissertation Abstracts International*. 39(6) : 3496 - A.
- Peterson, Kenneth D. (1978, March). "Scientific Inquiry Training for High School Students," *Journal of Research in Science Teaching*. 15 : 153.
- Robinson, Richard Wayne. (1973 A, September). "The Development of Item Which Access the Process of Controlling Variables and Interpreting Data," *Dissertation Abstracts International*. 35(3) : 1522 – A.

- Serpell, R. Culture. (1976). "Differences in Attention Preference for Colour and form," *Journal of Psychology*. 4 : 1 – 8.
- Stafford, Don G. ed. (1977). *The Physical Science : Inquiry and Investigation California*. Benziger Bruce and Glencoe.
- Stanely. Ahmann J. & Glock D. Marwin. (1975). *Evaluation Pupil Growth*. U.S.A. Allyn and Bancon. Inc.
- Suchman, R.G. Cultural & T. Trabassoc. (1965). "Colour and Form preference in Young Children," *Journal of Experimental Child Psychology*. 3 : 177 – 187.
- Sund, Robert N. Leslie W. Trowbridge. (1967). *Teaching Science by Inquiry in the Secondary School*. Columbus, Ohio : Charles E. Merrill.
- Thomdike, R.L. & Elizabeth Hagan. (1971). *Measurement and Evaluation in Psychologans and Education*. New York : John Wiley.
- Trojack, Doris A. (1979). *Science with Children*. New York : McGraw – Hill.
- Tuckman, Bryce. (1975). *Measureing Educational Outcome*. New York : Hascount Brance Jobanovich.
- Weisz, Paul B. (1965). *Element of Biology*. 2 nd ed. New York : McGraw – Hill.
- Woodburn, John H. & Ellsworth S. oburn. (1965). *Teaching the pursuit of Science*. New York : The Macmillan.

ภาคผนวก

ภาคผนวก

- คู่มือของแบบทดสอบ
- แบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
ฉบับที่ 1 - 2
- แบบบันทึกผลการทดลองทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
ฉบับที่ 1
- แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 1 - 2

คู่มือของแบบทดสอบ

ความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมของความสามารถที่เกิดจากการปฏิบัติ และการฝึกฝนความนึกคิดอย่างมีระบบทางด้านวิทยาศาสตร์ โดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 13 ประการ ที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกำหนดขึ้น ได้แก่

1. ทักษะการสังเกต หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ หู ตา จมูก ลิ้นและผิวหนังเข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุ หรือเหตุการณ์ โดยมีจุดประสงค์ที่จะหาข้อมูล ซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้น โดยไม่ใส่ความคิดเห็นของผู้สังเกต
2. ทักษะการวัด หมายถึง การเลือกใช้เครื่องมือและการใช้เครื่องมือนั้น ทำการวัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมกับสิ่งที่วัด แสดงวิธีการใช้เครื่องมืออย่างถูกต้อง พร้อมทั้งบอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือ รวมทั้งระบุหน่วยของตัวเลขที่ได้จากการวัดได้
3. ทักษะการคำนวณ หมายถึง ความสามารถในการนำค่าที่ได้จากการวัดและนับมาจัดการทำให้เกิดค่าใหม่ โดยการนำตัวเลขมาบวก ลบ คูณ หาร และหาค่าเฉลี่ย
4. ทักษะการจำแนก หมายถึง การแบ่งพวกหรือเรียงลำดับวัตถุ หรือสิ่งของที่อยู่ในปรากฏการณ์โดยมีเกณฑ์ เกณฑ์ดังกล่าวอาจจะใช้ความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์อย่างหนึ่งอย่างใดก็ได้
5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปสและสเปสกับเวลา หมายถึง ความสามารถในการหาความสัมพันธ์ระหว่างวัตถุ 3 มิติ กับวัตถุ 2 มิติ ระหว่างตำแหน่งของที่อยู่ และเป็นความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลา หรือความสัมพันธ์ของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา
6. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำเสียใหม่โดยการหาความถี่ เรียงลำดับ จัดแยกประเภท หรือคำนวณหาค่าใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนี้ดีขึ้น

7. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำเสียใหม่โดยการหาความถี่ เรียงลำดับ จัดแยกประเภท หรือคำนวณหาค่าใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนี้ดีขึ้น

8. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล หมายถึง การเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย

9. ทักษะการตั้งสมมติฐาน หมายถึง การคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทำการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ ประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐานของคำตอบ

10. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง การชี้บ่งตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ต้องการควบคุมในสมมติฐานหนึ่ง ๆ

11. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปจากข้อมูล

ทักษะการตีความ หมายถึง การแปลความหมายหรือบรรยายลักษณะข้อมูลที่มีอยู่ และทักษะการลงสรุปจากข้อมูล หมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด

12. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การกำหนดความหมาย และขอบเขตของคำต่าง ๆ ให้เข้าใจตรงกัน และสามารถสังเกตและวัดได้

13. ทักษะการทดลอง หมายถึง กระบวนการปฏิบัติการเพื่อหาคำตอบ หรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ใน การทดลองจะประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ

13.1 การออกแบบการทดลอง

13.2 การปฏิบัติการทดลอง

13.3 การบันทึกผลการทดลอง

ความมุ่งหมายของการวิจัย

1. เพื่อสร้างแบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
2. เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบภาคปฏิบัติที่สร้างขึ้นในเรื่องความเที่ยงตรง ความยากง่าย อำนาจจำแนกและความเชื่อมั่น

โครงสร้างของแบบทดสอบ

ฉบับที่ 1 วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 6 ทักษะ โดยกำหนดเป็นสถานการณ์การทดลอง 1 สถานการณ์ จะมีกิจกรรมให้นักเรียนปฏิบัติ 1 ข้อ แต่ละทักษะมีข้อสอบทักษะละ 4 ข้อ ดังนั้นข้อสอบทั้งฉบับมี 24 สถานการณ์ มีกิจกรรมให้นักเรียนปฏิบัติ 24 ข้อ

ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบฉบับที่ 2 ที่คัดเลือกและนำมาปรับปรุงทั้งหมด 28 ข้อ มีค่าอยู่ในช่วง 0.29 ถึง 1.00

ทดสอบครั้งที่ 2 ใช้กลุ่มตัวอย่าง 60 คน เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ ดังนี้

1. หาค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ ได้ผลการวิเคราะห์ ดังนี้

1.1 ค่าความยากของแบบทดสอบฉบับที่ 1 ทั้งหมด 24 ข้อ มีค่าอยู่ในช่วง 0.48 ถึง 0.68

1.2 ค่าความยากของแบบทดสอบฉบับที่ 2 ทั้งหมด 28 ข้อ มีค่าอยู่ในช่วง 0.52 ถึง 0.79

1.3 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบฉบับที่ 1 ทั้งหมด 24 ข้อ มีค่าอยู่ในช่วง 0.20 ถึง 0.45

1.4 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบฉบับที่ 2 ทั้งหมด 28 ข้อ มีค่าอยู่ในช่วง 0.20 ถึง 0.52

2. ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้ง 2 ฉบับ

2.1 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบฉบับที่ 1 แต่ละทักษะมีค่าอยู่ในช่วง 0.533 ถึง 0.776 รวมทุกทักษะ (รวมทั้งฉบับ) มีค่าเท่ากับ 0.921

2.2 ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบฉบับที่ 2 แต่ละทักษะมีค่าอยู่ในช่วง 0.606 ถึง 0.873 รวมทุกทักษะ (รวมทั้งฉบับ) มีค่าเท่ากับ 0.915

2.3 ค่าความเชื่อมั่นของการตรวจให้คะแนนระหว่างผู้ประเมิน 2 คน มีค่าเท่ากับ 1.00

3. ความเที่ยงตรงตามโครงสร้าง (Construct Validity) ของแบบทดสอบ

3.1 หาความเที่ยงตรงตามโครงสร้างของแบบทดสอบด้วยวิธี **Multitrait Multimethod** มีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ของแบบทดสอบที่ข้อทักษะเดียวกันมีค่าอยู่ในช่วง 0.510 ถึง 0.771 และแต่ละทักษะต่างกัน -0.177 ถึง 0.649 ตามลำดับ

3.2 หาความเที่ยงตรงตามโครงสร้างของแบบทดสอบด้วยวิธี โดยหาสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ภายในของแบบทดสอบแต่ละทักษะมีค่าอยู่ในช่วง 0.235 ถึง 0.862 และของแบบทดสอบทั้งฉบับ 0.512 ถึง 0.871 ตามลำดับ

วิธีดำเนินการสอบ

วิธีดำเนินการสอบ แบ่งเป็น 3 ระยะ คือ การเตรียมตัวก่อนสอบ วิธีปฏิบัติการสอบ และเมื่อสอบเสร็จแล้ว มีลำดับขั้นตอน ดังนี้

1. การเตรียมตัวก่อนสอบ ควรปฏิบัติดังนี้

1.1 กำหนดวัน เวลา และสถานที่สอบล่วงหน้า และแจ้งให้ผู้สอบทราบวัตถุประสงค์ของการสอบ

1.2 เตรียมข้อสอบให้เรียบร้อย และมีผู้ดำเนินการสอบ 1 คน กับผู้ช่วย 1 คน

1.3 เตรียมอุปกรณ์ที่ใช้ในการสอบ ได้แก่ แบบทดสอบ อุปกรณ์ในการปฏิบัติให้มีจำนวนมากกว่าผู้สอบ ประมาณร้อยละ 5

1.4 การเตรียมตัวสำหรับผู้ดำเนินการสอบ ผู้ดำเนินการสอบต้องศึกษาคำชี้แจง

2. วิธีดำเนินการสอบ ปฏิบัติดังนี้

2.1 พุดโน้มน้าวจิตใจผู้สอบ ให้มีความกระตือรือร้นที่จะทำการสอบอย่างเต็มกำลังและความสามารถ

2.2 การใช้คำชี้แจง รายละเอียดของคำชี้แจงจะปรากฏอยู่บนแผ่นหน้าของแบบทดสอบ ผู้ดำเนินการสอบต้องใช้คำชี้แจงจำกัดแต่เฉพาะที่ปรากฏเท่านั้น โดยอธิบายวิธีบันทึกข้อมูลในแบบทดสอบ ให้ผู้สอบเข้าใจแจ่มแจ้งทุกคน และอย่าให้ผู้สอบลงมือทำก่อนเวลาเมื่อลงมือทำแล้ว จับเวลาตั้งแต่ผู้ดำเนินการสอบอนุญาตให้ลงมือทำได้

2.3 การเตือนเวลา ให้เตือนสองครั้ง คือ เตือนเมื่อหมดเวลาครั้งแรก และอีก 5 นาทีก่อนหมดเวลาอีกครั้งหนึ่ง

3. วิธีปฏิบัติเมื่อหมดเวลา

3.1 สั่งให้ผู้สอบวางดินสอหรือปากกาหยุดทำทันที แล้วเก็บกระดาษข้อสอบ และอุปกรณ์ในการปฏิบัติ

3.2 เมื่อเสร็จสิ้นการสอบแล้ว ก่อนที่ผู้สอบจะออกจากห้องสอบ ผู้ดำเนินการสอบควรกล่าวคำชมเชยผู้สอบ ที่พยายามตั้งใจสอบเป็นอย่างดี เพื่อให้ผู้สอบเกิดความภูมิใจ และไม่เบื่อการสอบ

วิธีการตรวจให้คะแนน

การตรวจให้คะแนนของแบบทดสอบ ผู้ตรวจต้องยึดหลักการตรวจให้คะแนน จากเกณฑ์การให้คะแนน

แบบทดสอบภาคปฏิบัติวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

คำชี้แจง

1. แบบทดสอบฉบับนี้จะมีทั้งหมด 52 ข้อ มีเวลาในการทำแบบทดสอบ 90 นาที ต้องทำให้ครบทุกข้อ โดยแบ่งเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 6 ทักษะ โดยกำหนดเป็น สถานการณ์การทดลอง 1 สถานการณ์ จะมีกิจกรรมให้นักเรียนปฏิบัติ 1 ข้อ แต่ละทักษะ มีข้อสอบทักษะละ 4 ข้อ

ตอนที่ 2 วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน 2 ทักษะ คือ ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายของข้อมูล และทักษะขั้นบูรณาการ 5 ทักษะ โดยกำหนดเป็น สถานการณ์การทดลอง 1 สถานการณ์ จะมีกิจกรรมให้นักเรียนปฏิบัติ 7 ข้อ ทักษะละ 1 ข้อ มีทั้งหมด 4 สถานการณ์

2. ข้อสอบทุกข้อเป็นแบบทดสอบอัตนัย โดยแต่ละข้อจะมีคำสั่งให้นักเรียนปฏิบัติ บอกอุปกรณ์ที่ใช้ในการปฏิบัติ พร้อมทั้งให้อุปกรณ์ในการปฏิบัติและแบบบันทึกผลการทดลอง

3. ระวังในการปฏิบัติแต่ละข้อต้องศึกษาคำสั่งให้เข้าใจแล้วค่อยลงมือปฏิบัติ
4. เวลาปฏิบัติควรดูอุปกรณ์ที่กำหนดให้ของแต่ละสถานการณ์ให้เรียบร้อย
5. ให้นักเรียนบันทึกผลการทดลองในแบบบันทึกผลการทดลอง

ตอนที่ 1 มีข้อสอบทั้งหมด 24 สถานการณ์ มีกิจกรรมให้นักเรียนปฏิบัติ 24 ข้อ

แบบทดสอบการฝึกทักษะการสังเกต

สถานการณ์ที่ 1

- อุปกรณ์
1. ก้อนกรวด, ทราย, ถั่วเขียว, ลูกบิดพลาสติกและลูกกลมทำด้วยโลหะ
 2. ขวด 5 ใบ

วิธีการทดลอง

1. ให้นักเรียนนำวัตถุต่าง ๆ ที่กำหนดให้ใส่ลงในขวดพลาสติกและให้นักเรียนทำการเขย่าวัตถุนั้นและฟังลักษณะต่าง ๆ ของเสียงที่ได้ยินลงในแบบบันทึกผลการทดลองแบบบันทึกผลการทดลองเรื่องการสังเกต

สถานการณ์ที่ 1

วัตถุที่เขย่า	ลักษณะของเสียง	ประสาทสัมผัสที่ใช้

สถานการณ์ที่ 2

อุปกรณ์ หลอดทดลองที่หยดสารในสาลี 3 หลอด

วิธีการทดลอง ให้นักเรียนดมกลิ่นสารในหลอดทดลองและสังเกตว่าสารในหลอดทดลองใดที่มีกลิ่นใกล้เคียงกัน

หลอดทดลอง	ลักษณะของกลิ่น	ประสาทสัมผัสที่ใช้

หลอดที่.....มีกลิ่นใกล้เคียงกับหลอดที่.....

สถานการณ์ที่ 3

อุปกรณ์ ดินน้ำมันรูปทรงลูกบาศก์ 1 ชิ้น

วิธีการทดลอง

จงสังเกตลักษณะวัตถุรูปทรงลูกบาศก์ที่กำหนดให้ แล้วบันทึกข้อมูลที่สังเกตได้ทั้งเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ พร้อมทั้งบอกชนิดของประสาทสัมผัสที่ใช้และเครื่องมือที่ใช้ในการสังเกตลงในแบบบันทึกผลการทดลอง

สถานการณ์ที่ 4

อุปกรณ์ หมากฝรั่ง

วิธีการทดลอง

ให้นักเรียนสังเกตลักษณะและการเปลี่ยนแปลงของหมากฝรั่งที่กำหนดให้โดยการสังเกต 3 ช่วง คือ ก่อนเคี้ยว, ระหว่างเคี้ยว และหลังการเคี้ยวหมากฝรั่ง

ทักษะการวัดและการคำนวณ

สถานการณ์ที่ 1

- อุปกรณ์ 1. ไม้บรรทัด
 2. เหรียญ 5 บาท และเหรียญ 10 บาท
 3. เส้นด้าย

วิธีการทดลอง

1. ให้นักเรียนวัดเส้นรอบรูป เส้นผ่านศูนย์กลาง ความหนาของเหรียญ 5 บาท และเหรียญ 10 บาท และทำการบันทึกผลการวัดลงในแบบบันทึกผลการทดลอง
2. ให้นักเรียนแสดงวิธีการหาค่าเฉลี่ยของขนาดที่วัดได้

สถานการณ์ที่ 2

- อุปกรณ์
1. ขวดแก้วขนาดเล็ก 1 ใบ
 2. ก้อนหินขนาดเล็ก 5 ก้อน
 3. กระบอกตวงขนาด 250 มิลลิลิตร 1 ใบและน้ำ

วิธีการทดลอง

1. ให้นักเรียนหาปริมาตรของขวดแก้วว่ามีความจุเท่าไร, ก้อนหินทั้ง 5 ก้อนมีปริมาตรเท่าไร โดยทำการบันทึกผลที่ได้จากการหาปริมาตรลงในแบบบันทึกผลการทดลอง พร้อมทั้งบอกหน่วยในการวัดและวิธีที่ใช้ในการวัดด้วย
2. ให้นักเรียนแสดงวิธีการหาค่าเฉลี่ยของปริมาตรที่วัดได้

สถานการณ์ที่ 3

- อุปกรณ์
1. ขวดแก้วใบเล็ก 1 ใบ
 2. เทอร์โมมิเตอร์ 1 อัน
 3. น้ำแข็ง
 4. นาฬิกาจับเวลา
 5. แท่งแก้วคนสาร

วิธีการทดลอง

1. ให้นักเรียนรินน้ำใส่ขวดแก้วประมาณครึ่งขวด วัดอุณหภูมิของน้ำ หลังจากนั้นใส่น้ำแข็งลงในน้ำประมาณ 2 – 3 ก้อน วัดอุณหภูมิของน้ำทุก ๆ 2 นาที หลังจากคนน้ำแข็งให้ทั่ว
2. ให้นักเรียนแสดงวิธีการหาค่าเฉลี่ยอุณหภูมิที่วัดได้

สถานการณ์ที่ 4

- อุปกรณ์
1. บีกเกอร์เบอร์ 1 จำนวน 3 ใบ
 2. น้ำอุ่น น้ำที่อุณหภูมิห้อง น้ำแข็ง อย่างละ 50 ลบ.ซม.
 3. เทอร์โมมิเตอร์ 1 อัน
 4. ผ้าเช็ดมือ

วิธีการทดลอง

1. ใส่ น้ำที่อุณหภูมิห้องลงในกล่องใบที่ 1 ใส่ น้ำแข็งในกล่องใบที่ 2 และใส่น้ำอุ่นลงในกล่องใบที่ 3 กล่องละ 50 ลบ. ซม.
2. จุ่มเทอร์โมมิเตอร์ลงในกล่องใบที่ 1 วัดอุณหภูมิของน้ำ บันทึกผลในตาราง
3. จุ่มเทอร์โมมิเตอร์ลงในกล่องใบที่ 2 วัดอุณหภูมิของน้ำ บันทึกผลในตาราง
4. จุ่มเทอร์โมมิเตอร์ลงในกล่องใบที่ 1 วัดอุณหภูมิของน้ำ บันทึกผลในตาราง
5. จุ่มเทอร์โมมิเตอร์ลงในกล่องใบที่ 3 วัดอุณหภูมิของน้ำ บันทึกผลในตาราง
6. จุ่มเทอร์โมมิเตอร์ลงในกล่องใบที่ 1 วัดอุณหภูมิของน้ำ บันทึกผลในตาราง
7. ให้นักเรียนแสดงวิธีการหาค่าเฉลี่ยของอุณหภูมิที่วัดได้

ทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส

สถานการณ์ที่ 1

- | | |
|---------|---|
| อุปกรณ์ | <ol style="list-style-type: none"> 1. รูปลูกบาศก์ 2. รูปทรงกลม 3. รูปกรวย 4. รูปไข่ 5. รูปทรงกระบอก 6. รูปทรงพีรามิด 7. รูปวงรี 8. รูปสี่เหลี่ยมผืนผ้า 9. รูปสี่เหลี่ยมจัตุรัส |
|---------|---|

วิธีการทดลอง

จากอุปกรณ์ที่กำหนดให้ ให้นักเรียนบอกชื่อรูป 2 มิติ และรูป 3 มิติ ลงในแบบบันทึก

ผลการทดลอง

สถานการณ์ที่ 2

- อุปกรณ์
1. กระดาษ 1 แผ่น
 2. แผ่นกระดาษเขียนตัวอักษรคำว่า “แสง”

วิธีการทดลอง

ให้นักเรียนนำวัตถุมาวางไว้หน้ากระจกเงาในตำแหน่งต่าง ๆ เช่น ด้านซ้าย ด้านขวา ระยะใกล้ ระยะไกล และให้นักเรียนปฏิบัติ ดังนี้

- สังเกตการเกิดภาพและวาดภาพตัวอักษรที่เกิดในกระจกเงา

สถานการณ์ที่ 3

- อุปกรณ์
1. วัตถุรูปทรงต่าง ๆ ดังนี้
 - ทรงกระบอก
 - ทรงกลม
 - รูปกรวย
 - รูปปริซึมฐานสี่เหลี่ยม
 2. มีด

วิธีการทดลอง

ให้นักเรียนตัดวัตถุรูปทรงต่าง ๆ ด้วยมีด ตามระนาบที่แจก รูปที่ได้จากรอยตัด เมื่อมองในแนวตั้งฉากกับระนาบที่ตัดจะได้รูปตัดเป็นรูปอะไร

สถานการณ์ที่ 4

- อุปกรณ์
1. รูปทรงกรวย
 2. รูปทรงกระบอก
 3. ไฟฉาย 1 กระบอก

วิธีการทดลอง

ให้นักเรียนหามุมมิตมุมใดมุมหนึ่งของห้องแล้วใช้แสงจากไฟฉายไปยังวัตถุ 3 มิตติที่กำหนดให้ทางด้านข้าง จะปรากฏเงาบนฉาก (ใช้ผ้าห้องเป็นฉาก) เงาที่ปรากฏบนฉากเป็นรูปอะไร

ทักษะการพยากรณ์

สถานการณ์ที่ 1

- อุปกรณ์
1. ลูกตุ้มยาว 20, 25, 30, 35, 40 ซม.
 2. นาฬิกา

วิธีการทดลอง

ให้นักเรียนแกว่งลูกตุ้มที่มีความยาวแตกต่างกันภายในเวลา 1 นาที แล้วนับจำนวนรอบที่แกว่งภายในเวลา 1 นาที แล้วบันทึกผลการทดลอง

สถานการณ์ที่ 1

- อุปกรณ์
1. แก้วน้ำและช้อน 1 คัน

วิธีการทดลอง

1. ให้นักเรียนเทน้ำลงในแก้วจนเกือบเต็ม
2. ใส่ช้อนลงในแก้วไปนั้น
3. สังเกตลักษณะช้อนด้านบนและด้านล่างแล้วบันทึกผลการทดลองและตอบคำถามที่กำหนดให้

สถานการณ์ที่ 3

- อุปกรณ์
1. น้ำหนักที่ใช้แขวนขนาด 8, 10, 12, 14 กรัม
 2. ไม้บรรทัด

วิธีการทดลอง

1. วัดความยาวของสปริง
2. นำน้ำหนักของสปริงขนาด 8 กรัมแขวน
3. ใช้ไม้บรรทัดวัดความยาวของสปริงที่ยืดออก ทำการบันทึกผล
4. ทำการทดลองซ้ำโดยใช้น้ำหนัก 10, 12 และ 14 กรัม ตามลำดับ

สถานการณ์ที่ 4

- อุปกรณ์
1. ขาดพลาสติกขนาดใหญ่พอสมควร เจาะรูด้านข้างให้มีขนาดเท่ากัน 3 รู และอยู่ในแนวเดียวกัน
 2. ถังหรือกอละมัง ใส่น้ำประมาณ $\frac{2}{3}$ ส่วน
 3. แก้วน้ำพลาสติก

วิธีการทดลอง

1. เทน้ำให้พื้ระดับรูที่ 1 (ล่างสุด) บันทึกผล
2. เทน้ำให้ปริมาณสูงกว่ารูที่ 2 ที่เจาะไว้ บันทึกผล
3. เทน้ำให้พื้ระดับรูที่ 3 บันทึกผลการทดลองและให้นักเรียนตอบคำถามหลังการทดลอง

ทดลอง

ทักษะการจำแนก

สถานการณ์ที่ 1

- อุปกรณ์
- หินประเภทต่าง ๆ

วิธีการทดลอง

- จากหินที่กำหนดให้ ให้นักเรียนจำแนกหินออกเป็นกลุ่ม ๆ โดยบอกเกณฑ์ที่นักเรียนใช้ในการจำแนกประเภทพร้อมทั้งบันทึกผลการทดลอง

สถานการณ์ที่ 2

- อุปกรณ์
- ไข่ประเภทต่าง ๆ ดังนี้ ไข่รูปทรงกลม, รูปวงรี, ไข่ที่เปลือกไข่มีจุดและไม่มีจุด

วิธีการทดลอง

- จากใบที่กำหนดให้ ให้นักเรียนจำแนกไข่ออกเป็นกลุ่ม ๆ โดยบอกเกณฑ์ที่นักเรียนใช้ในการจำแนกประเภทพร้อมทั้งบันทึกผลการทดลอง

สถานการณ์ที่ 3

- อุปกรณ์ กระดาษแข็งที่กำหนดให้รูปแบบต่าง ๆ ดังนี้ รูปสี่เหลี่ยม, วงกลม, รูปสามเหลี่ยมที่มีสีและลักษณะผิวที่แตกต่างกัน

วิธีการทดลอง

- จากกระดาษที่กำหนดให้ ให้นักเรียนจำแนกกระดาษแข็งออกเป็นกลุ่ม ๆ โดยบอกเกณฑ์ที่นักเรียนใช้ในการจำแนกประเภทพร้อมทั้งบันทึกผลการทดลอง

สถานการณ์ที่ 4

- อุปกรณ์
1. หลอดทดลองที่ไม่มีสี 2 หลอด
 2. ฟีนอล์ฟธาไลน์
 3. หลอดหยด
 4. กระดาษลิตมัส

วิธีการทดลอง

- ให้นักเรียนทำการทดสอบโดยใช้ฟีนอล์ฟธาไลน์หยดลงในหลอดทดลองที่มีสารละลายทั้งสองหลอด เพื่อทำการจำแนกประเภทว่าสารละลายในหลอดใดเป็นกรดเป็นด่าง
- ให้นักเรียนทำการทดสอบโดยใช้กระดาษลิตมัสมาทดสอบสารละลายทั้ง 2 หลอด

ตอนที่ 2 มีทั้งหมด 4 สถานการณ์ มีกิจกรรมให้นักเรียนปฏิบัติทั้งหมด 24 ข้อ

สถานการณ์ที่ 1 การออกกำลังกายมีผลต่อการเต้นของชีพจรหรือไม่

กิจกรรมที่ 1 - จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ นักเรียนจะตั้งสมมติฐานของการทดสอบได้อย่างไร

กิจกรรมที่ 2 เพื่อเป็นการตรวจสอบสมมติฐาน ให้นักเรียนเลือกวัสดุอุปกรณ์จากรายการต่อไปนี้
เพื่อใช้ในการทดลอง

- หลอดฉีดยาขนาด 12 ลบ.ซม.
- นาฬิกา 1 เรือน
- กระดาษลิตมัส
- เทอร์โมมิเตอร์
- กระดาษกรอง
- น้ำ
- หลอดหยด
- ผ้าขาวบาง
- หลอดทดลองขนาดกลาง 1 หลอด

ให้นักเรียนเลือกวัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลองแล้วบันทึกลงในหัวข้อวัสดุอุปกรณ์

และออกแบบการทดลองลงในหัวข้อวิธีการทดลอง

วิธีการทดลอง

กิจกรรมที่ 3 ให้นักเรียนระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ควบคุม
ตัวแปรต้น

ตัวแปรตาม

ตัวแปรที่ควบคุม

กิจกรรมที่ 4 ให้นักเรียนปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่นักเรียนได้ออกแบบไว้ หลังจากนั้นทำ
การบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองลงในตารางบันทึกผลที่นักเรียนออกแบบเอง
ผลการทดลอง

กิจกรรมที่ 5 จากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ให้นักเรียนแปลความหมายของข้อมูลที่ได้จากการ
ทดลองพร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ

กิจกรรมที่ 6 ให้นักเรียนทำการสรุปผลการทดลอง
สรุปผลการทดลอง

กิจกรรมที่ 7 ให้นักเรียนนิยามเชิงปฏิบัติการของคำว่า “อัตราการเต้นของชีพจร” ว่าเป็นอะไร
และสามารถวัดได้อย่างไร

กิจกรรมที่ 3 ให้นักเรียนระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ควบคุม
ตัวแปรต้น

ตัวแปรตาม

ตัวแปรที่ควบคุม

กิจกรรมที่ 4 ให้นักเรียนปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่นักเรียนได้ออกแบบไว้ หลังจากนั้นทำ
การบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองลงในตารางบันทึกผลที่นักเรียนออกแบบเอง
ผลการทดลอง

กิจกรรมที่ 5 จากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ให้นักเรียนแปลความหมายของข้อมูลที่ได้จากการ
ทดลองพร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ

กิจกรรมที่ 6 ให้นักเรียนทำการสรุปผลการทดลอง
สรุปผลการทดลอง

กิจกรรมที่ 7 ให้นักเรียนนิยามเชิงปฏิบัติการของคำว่า “อัตราการเดินของชีพจร” ว่าคืออะไร
และสามารถวัดได้อย่างไร

สถานการณ์ที่ 2 - ดินต่างชนิดกันจะอุ้มน้ำไว้ในปริมาณที่ต่างกัน

กิจกรรมที่ 1 - จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ นักเรียนจะตั้งสมมติฐานของการทดลองได้อย่างไร

กิจกรรมที่ 2 เพื่อเป็นการตรวจสอบสมมติฐาน ให้นักเรียนเลือกวัสดุอุปกรณ์จากรายการต่อไปนี้
เพื่อใช้ในการทดลอง

- หลอดจืดยาขนาด 12 ลบ.ซม.
- ตะเกียงแอลกอฮอล์ 1 ดวง
- กระป๋องนมที่เจาะรูประมาณ 2/3 ของกระป๋อง
- ดิน 3 ชนิด คือ ดินร่วน ดินทราย และดินเหนียว
- กระป๋องนมที่ไม่ได้เจาะรู 3 ใบ
- หลอดหยดหรือหลอดกาแผล
- น้ำ
- บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร 1 ใบ
- ผ้าขาวบาง
- หลอดทดลองขนาดกลาง 3 หลอด
- กระบอกตวง
- ไม้บรรทัด
- เทอร์โมมิเตอร์
- ตะแกรงลวดและที่กั้นลม
- ไม้ขีดไฟ

ให้นักเรียนเลือกวัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลองแล้วบันทึกลงในหัวข้อวัสดุอุปกรณ์และออกแบบการทดลองลงในหัวข้อวิธีการทดลอง

วัสดุอุปกรณ์

วิธีการทดลอง

กิจกรรมที่ 3 ให้นักเรียนระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ควบคุม
ตัวแปรต้น

ตัวแปรตาม

ตัวแปรที่ควบคุม

กิจกรรมที่ 4 ให้นักเรียนปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่นักเรียนได้ออกแบบไว้ หลังจากนั้นทำ
การบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองลงในตารางบันทึกผลที่นักเรียนออกแบบเอง
ผลการทดลอง

กิจกรรมที่ 5 จากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ให้นักเรียนแปลความหมายของข้อมูลที่ได้จากการ
ทดลองพร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ

กิจกรรมที่ 6 ให้นักเรียนทำการสรุปผลการทดลอง
สรุปผลการทดลอง

กิจกรรมที่ 7 จากการทดลองให้นักเรียนนิยามเชิงปฏิบัติการของคำว่า “การอุ้มน้ำของดิน”

สถานการณ์ที่ 3 - ถ้าเวลาที่แช่เมล็ดถั่วเขียวเพิ่มมากขึ้น น้ำหนักของถั่วเขียวจะเพิ่มขึ้น
หรือลดลง

กิจกรรมที่ 1 - จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ นักเรียนจะตั้งสมมติฐานของการทดลองได้อย่างไร

กิจกรรมที่ 2 เพื่อเป็นการตรวจสอบสมมติฐานให้นักเรียนเลือกวัสดุอุปกรณ์จากรายการต่อไปนี้
เพื่อใช้ในการทดลอง

- หลอดฉีดยาขนาด 12 ลบ.ซม.
- ตะเกียงแอลกอฮอล์ 1 ดวง
- เมล็ดถั่วเขียว
- เครื่องชั่งสปริง
- กรรดาชกรอง
- หลอดหยดหรือหลอดกาแผล
- น้ำ 500 มิลลิลิตร
- บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร 1 ใบ
- กรวย
- หลอดทดลองขนาดกลาง
- กระบอกตวง
- นาฬิกา
- เทอร์โมมิเตอร์
- ตะแกรงลวดและที่กั้นลม
- ไม้ขีดไฟ

ให้นักเรียนเลือกวัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลองแล้วบันทึกลงในหัวข้อวัสดุอุปกรณ์
และออกแบบการทดลองลงในหัวข้อวิธีการทดลอง
วัสดุอุปกรณ์

วิธีการทดลอง

กิจกรรมที่ 3 ให้นักเรียนระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ควบคุม
ตัวแปรต้น

ตัวแปรตาม

ตัวแปรที่ควบคุม

กิจกรรมที่ 4 ให้นักเรียนปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่นักเรียนได้ออกแบบไว้ หลังจากนั้นทำ
การบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองลงในตารางบันทึกผลที่นักเรียนออกแบบเอง
ผลการทดลอง

กิจกรรมที่ 5 จากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ให้นักเรียนแปลความหมายของข้อมูลที่ได้จากการ
ทดลองพร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ

กิจกรรมที่ 6 ให้นักเรียนทำการสรุปผลการทดลอง
สรุปผลการทดลอง

กิจกรรมที่ 7 จากการทดลองน้ำหนักที่เพิ่มขึ้นของถั่วเขียว สามารถวัดได้อย่างไร

สถานการณ์ที่ 4 - เวลาที่ใช้ในการเปลี่ยนแปลงอุณหภูมิของน้ำจะขึ้นกับปริมาณการเพิ่มสารที่ละลายในน้ำหรือไม่

กิจกรรมที่ 1 - จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ นักเรียนจะตั้งสมมติฐานของการทดลองได้อย่างไร

กิจกรรมที่ 2 เพื่อเป็นการตรวจสอบสมมติฐาน ให้นักเรียนเลือกวัสดุอุปกรณ์จากรายการต่อไปนี้เพื่อใช้ในการทดลอง

- หลอดจิ้งจกขนาด 12 ลบ.ซม.
- ตะเกียงแอลกอฮอล์ 1 ดวง
- ข้อนชา 1 คัน
- น้ำตาลทราย
- กระจกทรง
- หลอดหยดหรือหลอดกาแผล
- น้ำ 500 มิลลิลิตร
- บีกเกอร์ขนาด 250 มิลลิลิตร 1 ใบ
- กรวย
- หลอดทดลองขนาดเล็ก 4 ใบ
- กระบอกตวง
- นาฬิกาจับเวลา 1 เรือน
- เทอร์โมมิเตอร์
- ตะแกรงลวดและที่กั้นลม
- ไมซ์ไฟ

ให้นักเรียนเลือกวัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลองแล้วบันทึกลงในหัวข้อวัสดุอุปกรณ์

และออกแบบการทดลองลงในหัวข้อวิธีการทดลอง

วัสดุอุปกรณ์

วิธีการทดลอง

กิจกรรมที่ 3 ให้นักเรียนระบุตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ควบคุม
ตัวแปรต้น

ตัวแปรตาม

ตัวแปรที่ควบคุม

กิจกรรมที่ 4 ให้นักเรียนปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่นักเรียนได้ออกแบบไว้ หลังจากนั้นทำการบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองลงในตารางบันทึกผลที่นักเรียนออกแบบเอง และเขียนกราฟแสดงการเพิ่มอุณหภูมิของน้ำกับปริมาณน้ำตาลที่ละลายในน้ำ (ข้อหยา) กำหนดให้แกนนอนเป็นปริมาณน้ำตาล (ข้อหยา) แกนตั้งเป็นอุณหภูมิของน้ำ
ผลการทดลอง

กิจกรรมที่ 5 จากข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ให้นักเรียนแปลความหมายของข้อมูลที่ได้จากการทดลองพร้อมทั้งให้เหตุผลประกอบ

กิจกรรมที่ 6 ให้นักเรียนทำการสรุปผลการทดลอง
สรุปผลการทดลอง

กิจกรรมที่ 7 จากการทดลองตัวแปรต้นและตัวแปรตามสามารถวัดได้อย่างไร

แบบบันทึกผลการทดลองเรื่องทักษะการสังเกต

สถานการณ์ที่ 1

วัตถุที่เขย่า	ลักษณะของเสียง	ประสาทสัมผัสที่ใช้

สถานการณ์ที่ 2

หลอดทดลองที่	ลักษณะของกลิ่น	ประสาทสัมผัสที่ใช้

แบบบันทึกผลการทดลองเรื่องทักษะการสังเกต

สถานการณ์ที่ 3

ข้อมูลเชิงคุณภาพ

สิ่งที่สังเกตได้	ประสาทสัมผัสที่ใช้

ข้อมูลเชิงปริมาณ

สิ่งที่สังเกตได้	ประสาทสัมผัสที่ใช้

แบบบันทึกผลการทดลองเรื่องทักษะการสังเกต

สถานการณ์ที่ 4

ก่อนเคี้ยว

การสังเกตเชิงปริมาณ	เครื่องมือวัดที่ใช้	การสังเกตเชิงคุณภาพ	ประสาทสัมผัสที่ใช้

ระหว่างเคี้ยว

เครื่องมือวัดที่ใช้	การสังเกตเชิงคุณภาพ

หลังเคี้ยว

การสังเกตเชิงปริมาณ	เครื่องมือวัดที่ใช้	การสังเกตเชิงคุณภาพ	ประสาทสัมผัสที่ใช้

แบบบันทึกผลการทดลองทักษะการวัดและทักษะการคำนวณ

สถานการณ์ที่ 1

สิ่งที่วัด	ปริมาณที่วัด	ขนาดที่วัดได้				เครื่องมือที่ใช้วัด	หน่วยของการวัด
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย		
เหรียญ 5 บาท	-เส้นรอบรูป						
	-เส้นผ่านศูนย์กลาง						
	-ความหนา						
เหรียญ 10 บาท	-เส้นรอบรูป						
	-เส้นผ่านศูนย์กลาง						
	-ความหนา						

แบบบันทึกผลการทดลองทักษะการวัดและการคำนวณ

สถานการณ์ที่ 2

วัตถุ	หน่วยที่วัด	ปริมาตรของวัตถุที่วัดได้			
		ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย
ขวดแก้ว					
ก้อนหิน 5 ก้อน					

1. วิธีการวัดปริมาตรของขวดแก้ว

2. วิธีการวัดปริมาตรของก้อนหิน

แบบบันทึกผลการทดลองเรื่องทักษะการวัดและการคำนวณ

สถานการณ์ที่ 3

ช่วงเวลาของน้ำขณะวัด อุณหภูมิ	อุณหภูมิที่วัดได้				หน่วยของ การวัด	เครื่องมือ ที่ใช้วัด
	ครั้งที่ 1	ครั้งที่ 2	ครั้งที่ 3	ค่าเฉลี่ย		
1. น้ำก่อนใส่น้ำแข็ง						
2. น้ำหลังจากใส่น้ำแข็ง ทันที						
3. หลังจากใส่น้ำแข็ง 2 นาที						
4. ใส่น้ำแข็ง 4 นาที						
5. ใส่น้ำแข็ง 6 นาที						
6. ใส่น้ำแข็ง 8 นาที						

แบบบันทึกผลการทดลองทักษะการวัดและการคำนวณ

สถานการณ์ที่ 4

กล่องใบที่	วัดครั้งที่	อุณหภูมิ (C)
1. น้ำที่อุณหภูมิห้อง	ครั้งที่ 1	
	ครั้งที่ 2	
	ครั้งที่ 3	
	เฉลี่ย	
2. น้ำแข็ง	ครั้งที่ 1	
	ครั้งที่ 2	
	ครั้งที่ 3	
	เฉลี่ย	
3. น้ำอุ่น	ครั้งที่ 1	
	ครั้งที่ 2	
	ครั้งที่ 3	
	เฉลี่ย	

แบบบันทึกผลการทดลองทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส
สถานการณ์ที่ 1

รูป 2 มิติ	รูป 3 มิติ

แบบบันทึกผลการทดลองทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส
สถานการณ์ที่ 2

ตำแหน่ง	ภาพตัวอักษร
ด้านซ้าย	
ด้านขวา	
ระยะใกล้	
ระยะไกล	

แบบบันทึกผลการทดลองทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส
สถานการณ์ที่ 3

วัตถุ	รูปหน้าตัด
รูปทรงกลม	
รูปทรงกระบอก	
รูปกรวย	
รูปปริซึมฐานสี่เหลี่ยม	

แบบบันทึกผลการทดลองทักษะการหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปสกับสเปส
สถานการณ์ที่ 4

รูปทรง	ลักษณะเงา
รูปทรงกรวย	
รูปทรงกระบอก	

แบบบันทึกผลการทดลองเรื่องทักษะการพยากรณ์

สถานการณ์ที่ 1

ความยาวของลูกตุ้ม (CM)	ความถี่ของการแกว่ง (จำนวนรอบ/นาที)
20	
25	
30	
35	
40	

- ให้นักเรียนทำนายความถี่ของการแกว่งเมื่อความยาวของลูกตุ้มเป็น 45 ซม.

- ให้นักเรียนทำนายความถี่ของการแกว่งเมื่อความยาวของลูกตุ้มเป็น 50 ซม.

- ให้นักเรียนทำนายความยาวของลูกตุ้มเมื่อความถี่ของการแกว่งเป็น 19 รอบ/นาที

- ให้นักเรียนทำนายความยาวของลูกตุ้มเมื่อความถี่ของการแกว่งเป็น 17 รอบ/นาที

แบบบันทึกผลการทดลองเรื่องทักษะการพยากรณ์

สถานการณ์ที่ 2

1. จะเกิดอะไรขึ้นกับชั้น และเกิดที่ไหน มีลักษณะอย่างไร

2. เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น

แบบบันทึกผลการทดลองเรื่องทักษะการพยากรณ์

สถานการณ์ที่ 3

น้ำหนักที่ใช้แขวน (กรัม)	สปริงยืดออก (เซนติเมตร)
8	
10	
12	
14	

- ให้นักเรียนทำนายระยะของสปริงที่ยืดออกเมื่อน้ำหนักที่ใช้แขวนเป็น 18 กรัม

- ให้นักเรียนทำนายระยะของสปริงที่ยืดออกเมื่อน้ำหนักที่ใช้แขวนเป็น 20 กรัม

- ให้นักเรียนทำนายน้ำหนักที่ใช้แขวนเมื่อสปริงยืดออกเป็น 16 ซม.

- ให้นักเรียนทำนายน้ำหนักที่ใช้แขวนเมื่อสปริงยืดออกเป็น 18 ซม.

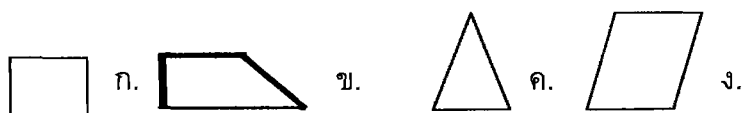
แบบบันทึกผลการทดลองเรื่องทักษะการพยากรณ์

สถานการณ์ที่ 4

การทดลอง	ความแรงและความไกลของน้ำ
1. เมื่อเทน้ำให้พ้นระดับรูที่ 1 น้ำไหลออกมา ลักษณะใด	
2. เมื่อเทน้ำให้พ้นระดับรูที่ 2 น้ำไหลออกมา ลักษณะใด	
3. เมื่อเทน้ำให้พ้นระดับรูที่ 3 น้ำไหลออกมา ลักษณะใด	

คำถามหลังการทดลอง

- นักเรียนคิดว่าเมื่อเปรียบเทียบตำแหน่งที่ต่ำกว่าระดับผิวน้ำ ตำแหน่งใดจะมีแรงดันมากกว่ากัน



- นักเรียนคิดว่าการออกแบบสันเขื่อน รูปใดที่ใช้หลักของแรงดันน้ำได้ถูกต้องที่สุด
- นักเรียนคิดว่าส่วนใดของการก่อสร้างอาคารสูง ที่ต้องอาศัยความแข็งแรงที่สุด

แบบบันทึกผลการทดลองเรื่องการจำแนกประเภท

สถานการณ์ที่ 1

กลุ่ม	เกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกประเภท

แบบบันทึกผลการทดลองเรื่องการจำแนกประเภท

สถานการณ์ที่ 2

กลุ่ม	เกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกประเภท

แบบบันทึกผลการทดลองเรื่องการจำแนกประเภท

สถานการณ์ที่ 3

กลุ่ม	เกณฑ์ที่ใช้ในการจำแนกประเภท

แบบบันทึกผลการทดลองเรื่องการจำแนกประเภท

สถานการณ์ที่ 4

1. หอดทดลองที่ 1 มีสภาพเป็น
2. หอดทดลองที่ 2 มีสภาพเป็น
3. นักเรียนคิดว่าการทดลองนี้ใช้อะไรเป็นเกณฑ์ในการจำแนกประเภท

แบบประเมินทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ฉบับที่ 1 – 2

ฉบับที่ 1

พฤติกรรมปฏิบัติ	ระดับคะแนน				
	4	3	2	1	0
1. ทักษะการสังเกต					
2. ทักษะการวัด					
3. ทักษะการคำนวณ					
4. ทักษะการจำแนกประเภท					
5. ทักษะการหาความสัมพันธ์ ระหว่างสเปสกับสเปส และสเปสกับเวลา					
6. ทักษะการพยากรณ์					

ฉบับที่ 2

พฤติกรรมปฏิบัติ	ระดับคะแนน				
	4	3	2	1	0
7. ทักษะการจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล					
8. ทักษะการลงความคิดเห็นจากข้อมูล					
9. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร					
10. ทักษะการตีความข้อมูลและลงสรุปข้อมูล					
11. ทักษะการตั้งสมมติฐาน					
12. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ					
13. ทักษะการทดลอง					

ภาคผนวก ข

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจแบบทดสอบ

- | | | |
|------------------|----------------|---|
| 1. รศ.ดร.ส.วาสนา | ประवालพฤษ์ | หัวหน้าภาควิชาการวัดผลและวิจัยการศึกษา
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร |
| 2. นายวิวัฒน์ | จันทร์วิบูล | อาจารย์ 2 โรงเรียนวัดเขียนเขต
สำนักงานการประถมศึกษา จังหวัดปทุมธานี |
| 3. นายการุณย์ | พะเดโช | อาจารย์ 3 โรงเรียนโพธาวัฒนาเสนีย์
สังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดราชบุรี |
| 4. นายพีระศักดิ์ | ไพศาลนันท์ | อาจารย์ 2 โรงเรียนโพธาวัฒนาเสนีย์
สังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดราชบุรี |
| 5. นางทัศนีย์ | กิตติพัฒนาพงศ์ | อาจารย์ 2 โรงเรียนโพธาวัฒนาเสนีย์
สังกัดกรมสามัญศึกษา จังหวัดราชบุรี |

ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ	นางสาว รสชกร บุปผาคำ
วันเดือนปีเกิด	12 พฤษภาคม 2518
สถานที่เกิด	อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	45 / 2 หมู่ที่ 3 ตำบลบ้านเลือก อำเภอโพธาราม จังหวัดราชบุรี 70120
ตำแหน่งหน้าที่การงาน	อาจารย์ 1 ระดับ 3
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนราชบพิตร เขตพระนคร สังกัดกรุงเทพมหานคร
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2533	มัธยมศึกษาปีที่ 3 จากโรงเรียนราชโบริกานุเคราะห์
พ.ศ. 2536	มัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนเบญจมราชูทิศ
พ.ศ. 2539	วท.บ. (คณิตศาสตร์) จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
พ.ศ. 2545	กศ.ม. (การวัดผลการศึกษา) จาก มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ