

การศึกษาลักษณะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ปริญญานิพนธ์

ของ

อภิรดี สุวีรานนท์

๒๒ ก.พ. 253๕

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร
เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
กุมภาพันธ์ 2532

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การศึกษาลักษณะการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

บทคัดย่อ

ของ

อภิรดี สุวีรานนท์

เสนอต่อมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร

เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาค้นคว้าหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต

กุมภาพันธ์ 2532

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ มีความมุ่งหมายเพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนด้วยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู

กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2531 ของโรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร จำนวน 100 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 50 คน และกลุ่มควบคุม 50 คน กลุ่มทดลองสอนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มควบคุมสอนตามคู่มือครู เมื่อสิ้นสุดการทดลองทำการทดสอบกลุ่มตัวอย่างทั้งสองด้านด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าสถิติ $t - test$ Independent ในรูปของ Difference Score

ผลการศึกษาปรากฏว่า

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
3. ทักษะการตั้งสมมติฐานของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
4. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
5. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ
6. ทักษะการทดลองของกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

7. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

A STUDY ON THE EFFECTS OF USING SCIENTIFIC
PROBLEM SOLVING UPON MATHAYOMSUKSA

III STUDENTS' ACHIEVEMENT AND
SCIENCE PROCESS SKILLS

AN ABSTRACT

BY

APIRADEE SUWERANON

Presented in Partial fulfillment of the requirements

For the master of education degree

at Srinakharinwirot University

February 1989.

The purpose of this study was to investigate the effect of Scientific Problem Solving in teaching Science Upon Mathayom Suksa III Students' Scientific achievement and Science Process Skills

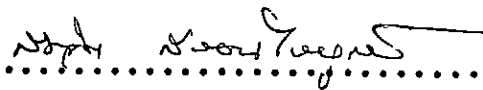
The Subjects were 100 Mathayom Suksa III Students of Suankutarbwithayalai School, in Bangkok, during the second semester of 1988 academic year. They were assigned into the experimental group of teaching by Scientific Problem Solving ; There was the control group was taught through the ISPT teachers manual. Randomized control Pretest posttest design design was used in the study. The t-test Independent was Statistically used for data analysis.

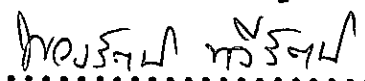
The results of this study indicated that ;

1. The achievement in science of experimental and control group was significantly difference at the .01 level.
2. The Science Process Skills of the experimental and control group was significantly difference at the .01 level.
3. The Formulating Hypothesis Skill of the experimental and control group was significantly difference at the .05 level.
4. The Defining Operationally Skill of the experimental and control group was significantly difference at the .01 level.
5. The Controlling Variable Skill of the experimental and control group was not significantly difference.
6. The Experimenting Skill of the experimental and Control group was significantly difference at the .01 level.

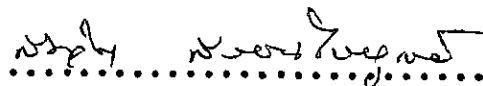
คณะกรรมการที่ปรึกษาประจำคณิศร และคณะกรรมการสอบไล่พิจารณาปริญญาบัตร
ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต
ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒได้

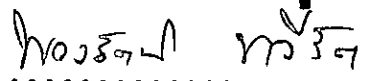
คณะกรรมการที่ปรึกษา

.....  ประธาน
(มศ. สมจิต สวชนไพบุลย์)

.....  กรรมการ
(รศ. ทวงรัตน์ ทวีรัตน์)

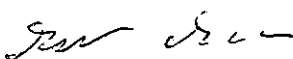
คณะกรรมการสอบ

.....  ประธาน
(มศ. สมจิต สวชนไพบุลย์)

.....  กรรมการ
(รศ. ทวงรัตน์ ทวีรัตน์)

.....  กรรมการที่แต่งตั้งเพิ่มเติม
(ก. รุจิมา วัฒนศิริ)

บัณฑิตวิทยาลัยอนุมัติให้รับปริญญาบัตรฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร
ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิตของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....  คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย
(ศ. สมพร บัวทอง)

วันที่....๕.... เดือน...พฤษภาคม..... พ.ศ....๒๕๓๒..

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือ และให้คำแนะนำอย่างดียิ่งจาก
ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมจิต สวชนไพบูลย์ รองศาสตราจารย์พวงรัตน์ ทวีรัตน์ และ
ดร.สุติมา วัฒนศิริ ผู้วิจัยขานซึ่งในความกรุณาและขอกราบขอบพระคุณอย่างสูงไว้
ณ ที่นี้

ขอขอบพระคุณ คณาจารย์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ และขอขอบใจนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 3 โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย ที่ให้ความร่วมมือช่วยเหลือ และอำนวยความสะดวก
สะดวกในการวิจัย และการเก็บรวบรวมข้อมูล

ขอขอบพระคุณ อาจารย์ชาติชัย วิโรจนะ ที่ให้ความช่วยเหลือ สนับสนุน และ
เป็นกำลังใจในการศึกษาและดำเนินการวิจัยตลอดมา

คุณค่าและประโยชน์ใด ๆ ของปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอบเป็นเครื่องบูชา
แก่คุณพระศรีรัตนตรัย คุณปู่-คุณย่า คุณบิดา-มารดา คุณครู-อาจารย์ของผู้วิจัยทุกท่าน

อภิรดี สุวีรานนท์

สารบัญ

บทที่		หน้า
1	บทนำ	1
	ภูมิหลัง	1
	ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	3
	ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า	4
	ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า	4
	นิยามศัพท์เฉพาะ	6
2	เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	11
	เอกสารเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์	11
	เอกสารเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	21
	เอกสารเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ .	24
	เอกสารเกี่ยวกับการสร้างแบบฝึก	35
	งานวิจัยเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์	45
	งานวิจัยเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา วิทยาศาสตร์	50
	งานวิจัยเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ .	52
	งานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของ สสวท.	56
	สมมติฐานในการศึกษาค้นคว้า	56

3	วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	58
	ศึกษาประชากรและทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง	58
	กำหนดเนื้อหาและระยะเวลาในการทดลอง	58
	สร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง .	59
	กำหนดแบบแผนการทดลองและดำเนินการทดลอง	65
	กำหนดสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	66
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	68
	สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอข้อมูล	68
	การวิเคราะห์ข้อมูล	68
5	สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	76
	ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า	76
	สมมติฐานในการศึกษาค้นคว้า	77
	วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า	77
	การวิเคราะห์ข้อมูล	78
	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	79
	อภิปรายผลการศึกษาค้นคว้า	80
	ข้อเสนอแนะ	84
	บรรณานุกรม	87

ภาคผนวก	97
ก วิเคราะห์แบบทดสอบ	98
ข แผนการสอนกลุ่มทดลอง	111
ค ชุดฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่องภาวะแวดล้อม ...	130
ง แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	201
จ แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	222

บัญชีตาราง

ตาราง		หน้า
1	แบบแผนการทดลอง	65
2	ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	69
3	ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	70
4	ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการตั้งสมมติฐานระหว่าง กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	71
5	ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการกำหนดนิยามเชิง ปฏิบัติการระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	72
6	ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการกำหนดและควบคุม ตัวแปรระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	73
7	ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการทดลองระหว่าง กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	74
8	ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุประหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม	75
9	แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องภาวะแวดล้อม	99
10	แสดงค่า p และ q ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องภาวะแวดล้อม .	100

11	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ภาวะแวดล้อม	101
12	แสดงค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3	104
13	แสดงค่า p และ q ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการ ทางวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3	106
14	แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบทดสอบวัดทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3	108

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ

หน้า

1	แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์	22
---	---	----

บทนำ

ในปัจจุบันเป็นที่ยอมรับกันว่าวิทยาศาสตร์มีความสำคัญและจำเป็นมากต่อมวลมนุษยชาติ ทำให้มนุษย์สามารถดำรงชีวิตอยู่ในสังคมได้อย่างมีความสุข ทั้งยังมีส่วนทำให้สังคม ประเทศชาติ เจริญก้าวหน้าไปอย่างรวดเร็ว ดังนั้นวิชาวิทยาศาสตร์จึงถูกบรรจุไว้ในหลักสูตรทุกระดับชั้น สำหรับหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น วิชาวิทยาศาสตร์เป็นวิชาบังคับที่นักเรียนต้องเรียนตลอดทั้ง 3 ปี โดยกำหนดให้เรียนสัปดาห์ละ 4 คาบเรียน จุดประสงค์หลักของการเรียนการสอนวิชา วิทยาศาสตร์ในปัจจุบันมุ่งเน้นให้นักเรียนได้นำความรู้มาใช้ในการชีวิตประจำวันได้ ตามที่แผนการ ศึกษาชาติกำหนดไว้ว่า "เพื่อพัฒนาให้นักเรียนคิดเป็น ทำเป็น และแก้ปัญหาเป็น" หน่วยงาน ที่รับผิดชอบการทำแบบเรียนและคู่มือครูวิชาวิทยาศาสตร์คือสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี จุดมุ่งหมายหลักในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เน้นให้นักเรียนได้รับการฝึกฝนในด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ควบคู่ไปกับความรู้พื้นฐาน เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหา ในชีวิตประจำวัน (สมจิต สวชนไพบูลย์. 2527 : 59 - 60) ในภาวะปัจจุบันการเรียน การสอนวิชาวิทยาศาสตร์ยังประสบปัญหาความยากลำบากในการเรียนการสอนหลายประการ เนื่องจากนักเรียนไม่ได้รับการฝึกฝนให้คิดเป็น ทำเป็น และแก้ปัญหาเป็นด้วยตนเอง ตลอดจนการนำความรู้จากการเรียนไปแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน จากการวิจัยของ กรมสามัญศึกษาพบว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนยังอยู่ในเกณฑ์ทำ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ได้คะแนนเฉลี่ย 17.96 จากคะแนนเต็ม 40 คะแนน (กรมสามัญศึกษา. 2526 : 21 - 27) และจากการวิจัยในเรื่องทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในเกณฑ์ต่ำ (กิ่งฟ้า สินธุวงษ์. 2526 : 113) ผลดังกล่าวเป็นเพราะสาเหตุเนื่องจากสภาพการเรียน การสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันยังมุ่งเน้นด้านเนื้อหา วิธีการสอนยึดครูเป็นศูนย์กลาง

ใช้การบรรยายหรือการอธิบายเป็นส่วนใหญ่ (กรมวิชาการ. 2525 : 21) การทดสอบ
 บังเน้นด้านเนื้อหาความรู้ - ความจำ เป็นส่วนใหญ่ ซึ่งการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์
 จะมุ่งเน้นเฉพาะด้านเนื้อหาความรู้เพียงอย่างเดียวคงจะไม่เพียงพอที่จะสร้างให้นักเรียนเป็น
 คนที่สมบูรณ์ได้ เพราะนอกจากความรู้แล้วการเรียนการสอนควรก่อให้เกิดการรู้จักคิด
 วิเคราะห์ สามารถนำไปแก้ปัญหาได้ (สมหวัง ชัยคำล. 2528 : 1) แต่ความสามารถ
 ทางการแก้ปัญหาเท่าที่เป็นอยู่ในปัจจุบันจะเห็นได้ว่าไม่สามารถคิดแก้ปัญหาต่าง ๆ ให้ลุส่ง
 ไปคว้าได้ นักการศึกษาจึงได้ตั้งข้อสังเกตไว้ว่านักเรียนที่จบระดับมัธยมศึกษาออกไป
 แล้วนั้น มักไม่ค่อยจะมีความสามารถทางด้านการแก้ปัญหามากเท่าที่ควรจะเป็น
 (อานวย เลิศยนต์. 2523 : 1) ถึงแม้ว่าหลักสูตรจะวางจุดมุ่งหมายให้นักเรียนได้มีนิสัย
 ใฝ่หาความรู้ ใฝ่รับการศึกษาค้นคว้าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ รู้จักคิดวิเคราะห์อย่าง
 มีระเบียบวิธีการ (กระทรวงศึกษาธิการ. 2521 : 2) ก็ตาม

การจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในปัจจุบันทางสถานส่งเสริมการสอน
 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้ใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry
 Method) ซึ่งประกอบไปด้วยกระบวนการ 3 ขั้นตอน คือ การอภิปรายก่อนการทดลอง
 การทดลอง และการอภิปรายหลังการทดลอง การสอนดังกล่าวเมื่อครูนำไปใช้จะจัดในรูปแบบ
 ให้นักเรียนปฏิบัติตามเป็นส่วนใหญ่ เป็นการสอนที่กำหนดลักษณะของกิจกรรม นักเรียนไม่มี
 โอกาสได้พัฒนาความคิดมากนัก (สุวัชร นิยมคำ. 2517 : 128) ทำให้นักเรียนเมื่อหน้า
 เพราะครูไม่มีคำถามกระตุ้นให้นักเรียนได้ฝึกการแก้ปัญหาและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 (อุทัย บุญมาที. 2529 : 114) ซึ่งสภาพการสอนที่เป็นจริงควรเน้นให้นักเรียนได้ลงมือ
 กระทำทั้ง 3 ขั้นตอน เพื่อให้นักเรียนได้เรียนรู้ทั้งความรู้พื้นฐาน และทักษะกระบวนการทาง
 วิทยาศาสตร์ควบคู่กันไป อันเป็นความรู้ที่จะนำไปใช้ในการศึกษาขั้นสูงและในชีวิตประจำวัน
 ต่อไปได้ จากสภาพดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยมีความเห็นว่าการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ควรให้
 นักเรียนได้รับการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยให้นักเรียนได้เรียนรู้วิธีการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ก่อน
 แล้วฝึกให้นักเรียนได้มีโอกาสนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหามิใช่ในสถานการณ์ที่สร้างขึ้น ซึ่งนักเรียนจะได้

ฝึกการแก้ปัญหาโดยอาศัยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ศึกษามา เพื่อเป็นการเพิ่มประสิทธิภาพในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ที่จะพัฒนาทางค่านักหะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้นักเรียนได้มากยิ่งขึ้น

การศึกษากการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่พบในงานวิจัย ส่วนมากจะศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเท่านั้น มิได้ฝึกการแก้ปัญหาโดยตรงกับนักเรียน ด้วยเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงเห็นว่าควรฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์โดยปรับปรุงจากรูปแบบของแอคคินสัน (Atkinson. 1961 : 625) มาใช้ในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ เพราะการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ของแอคคินสันมุ่งเน้นให้นักเรียนหาข้อสรุปของปัญหา รวมทั้งตัดสินใจหาแนวทางแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง และนำผลที่ได้จากการสรุปผลการทดลองไปใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ที่เหมาะสม ทำให้นักเรียนได้รับการพัฒนาและฝึกฝนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ อันจะส่งผลถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งวิธีการดังกล่าวจะช่วยพัฒนาการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ได้

ความมุ่งหมายของการศึกษาค้นคว้า

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ กับการสอนตามคู่มือครู
2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ กับการสอนตามคู่มือครู
3. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการตั้งสมมติฐานของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ กับการสอนตามคู่มือครู
4. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ กับการสอนตามคู่มือครู

5. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการกำหนดและความคุมตัวแปร ของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ กับการสอนตามคู่มือครู
6. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการทดลองของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ กับการสอนตามคู่มือครู
7. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ กับการสอนตามคู่มือครู

ความสำคัญของการศึกษาค้นคว้า

ผลการวิจัยครั้งนี้ จะทำให้ทราบผลของการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและความคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ซึ่งจะเป็นแนวทางต่อการจัดการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ต่อไป

ขอบเขตของการศึกษาค้นคว้า

1. ประชากร

ประชากรในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร สังกัดกองการมัธยมศึกษา กรมสามัญศึกษา กระทรวงศึกษาธิการ ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2531 จำนวน 200 คน

2. กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ได้มาจากกลุ่มประชากรดังกล่าวข้างต้น โดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple Random Sampling) จำนวน 100 คน แล้วสุ่มแยกเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 50 คน กลุ่มทดลองสอนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มควบคุมสอนตามคู่มือครู

3. เวลาที่ใช้ในการทดลอง

ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า ทำการทดลองในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2531 เวลาในการทดลองทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลองใช้เวลากลุ่มละ 16 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที

4. เนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง

การทดลองครั้งนี้ใช้เนื้อหาจากหนังสือเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เล่ม 6 ว.306 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 โดยทำการทดลองในเรื่องภาวะแวดล้อม ดังเนื้อหาต่อไปนี้

- 4.1 น้ำเสียคืออะไร
- 4.2 สาเหตุของน้ำเสียและวิธีป้องกัน
- 4.3 สาเหตุของอากาศเสียและวิธีป้องกัน
- 4.4 ดินเสียคืออะไร
- 4.5 เสียรบกวนและการควบคุม

5. ตัวแปรที่จะศึกษาค้นคว้า

- 5.1 ตัวแปรอิสระ ได้แก่ การสอนซึ่งแบ่งเป็น 2 แบบ คือ
 - 5.1.1 การสอนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
 - 5.1.2 การสอนตามคู่มือครู
- 5.2 ตัวแปรตาม ได้แก่
 - 5.2.1 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
 - 5.2.2 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย
 - 5.2.2.1 ทักษะการตั้งสมมติฐาน
 - 5.2.2.2 ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ
 - 5.2.2.3 ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร
 - 5.2.2.4 ทักษะการทดลอง
 - 5.2.2.5 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ซึ่งวัดได้จากความสามารถในการทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องภาวะแวดล้อมชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ของสถานับส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ซึ่งผู้วิจัยสร้างขึ้นตามจุดประสงค์ของแผนการสอน ประกอบด้วย ความรู้ความจำ ความเข้าใจ และการนำไปใช้

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความรู้ความสามารถในการค้นคว้าหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย การสังเกต การวัด การจัดจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ การคำนวณ การจัดการและสื่อความหมายข้อมูล การลงความคิดเห็นจากข้อมูล การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง การตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ซึ่งวัดได้จากแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นในการวิจัยครั้งนี้ จากการวิเคราะห์จุดประสงค์และเนื้อหาของหลักสูตร ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้มี 5 ทักษะ ประกอบด้วย

2.1 การตั้งสมมติฐาน หมายถึง การคิดหาคำตอบล่วงหน้าก่อนจะทำการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ ประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน คำตอบที่คิดล่วงหน้านี้ยังไม่ทราบหรือยังไม่เป็นหลักการ ญ หรือทฤษฎีมาก่อน

สมมติฐาน คือ คำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้า มักกล่าวไว้เป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรอิสระกับตัวแปรตาม สมมติฐานที่ตั้งขึ้นอาจจะผิดหรือถูกก็ได้ ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

- สามารถหาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลองโดยอาศัยการสังเกตความรู้และประสบการณ์เดิม

2.2 การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่าง ๆ (ที่อยู่ในสมมติฐานที่ต้องการทดลอง) ให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตหรือวัดได้ ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

- กำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่าง ๆ ให้สังเกตและวัดได้

2.3 การกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง การชี้แจงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ 통제ควบคุมในสมมติฐานหนึ่ง ๆ

ตัวแปรต้น คือ สิ่งที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดผลต่าง ๆ หรือสิ่งที่เราต้องการทดลองว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

ตัวแปรตาม คือ สิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่เป็นสาเหตุเปลี่ยนไป ตัวแปรตามหรือสิ่งที่เป็นผลก็จะเปลี่ยนตามไปด้วย

ตัวแปรที่ 통제ควบคุม คือ สิ่งอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่มีผลต่อการทดลองด้วย ซึ่งจะต้องควบคุมให้เหมือน ๆ กัน มิเช่นนั้นอาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

- ชี้แจงและกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่ 통제ควบคุมได้

2.4 การทดลอง หมายถึง กระบวนการปฏิบัติเพื่อหาคำตอบหรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ใน การทดลอง จะประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ

1. การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดลองจริง เพื่อกำหนด

- วิธีการทดลอง (ซึ่งเกี่ยวข้องกับการกำหนดและควบคุมตัวแปร)

- อุปกรณ์และ/หรือสารเคมี ที่จะต้องใช้ในการทดลอง

2. การปฏิบัติการทดลอง หมายถึง การลงมือปฏิบัติการทดลองจริง

3. การบันทึกผลการทดลอง หมายถึง การจดบันทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

ซึ่งอาจจะเป็นผลการสังเกต การวัด และอื่น ๆ ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

- การออกแบบการทดลองโดย

การกำหนดวิธีการทดลองได้ถูกต้องและเหมาะสมโดยคำนึงถึง
ตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่คงความคุมค่าย

ระบุอุปกรณ์และ/หรือสารเคมีซึ่งจะต้องใช้ในการทดลอง

- ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ได้ถูกต้องเหมาะสม
- บันทึกผลการทดลองได้คล่องแคล่วและถูกต้อง

2.5 การตีความหมายและลงข้อสรุป หมายถึง การแปลความหมายหรือ
การบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ การตีความหมายข้อมูลในบางครั้งอาจต้องใช้
ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อื่น ๆ ด้วย เช่น การสังเกต การคำนวณ

การลงข้อสรุป หมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด
ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

- แปลความหมายหรือบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้
(การตีความหมายข้อมูลที่อาศัยทักษะการคำนวณ)
- บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้ง 5 ทักษะ ได้แก่ ทักษะการตั้งสมมติฐาน
ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง
ทักษะการตีความหมายและลงข้อสรุป เป็นทักษะที่ใช้แสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และ
เป็นพฤติกรรมที่สามารถฝึกให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนได้ ดังนั้นผู้วิจัยจึงนำเอาทักษะกระบวนการ
ทางวิทยาศาสตร์ทั้งกล่าว ไปใช้ในการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์

3. การสอนตามคู่มือครู หมายถึง การสอนวิชาวิทยาศาสตร์ตามคู่มือครูของ
สสวท. โดยมีกิจกรรมตามขั้นตอนดังนี้

3.1 อภิปรายก่อนการทดลอง

- ครูเสนอปัญหา
- ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายปัญหา

- ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับจุดประสงค์ของการทดลอง และวิธีการทดลองตามแบบเรียน

- ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงข้อควรระวังและข้อผิดพลาดที่จะเกิดจากการทดลอง

3.2 ทดลองตามวิธีการในแบบเรียน

3.3 อภิปรายหลังการทดลอง

- ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายหาข้อสรุปของผลการทดลอง

- นักเรียนนำเสนอข้อมูลแล้วร่วมกันสรุปผลการศึกษา

- ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อแก้ปัญหาใหม่ที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่สร้างขึ้นหรือพบในชีวิตประจำวัน

4. การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการคิดและปฏิบัติ เพื่อหาคำตอบของปัญหาทางวิทยาศาสตร์โดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

5. การฝึกการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้ปฏิบัติในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยวิธีการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ตามขั้นตอนที่ผู้วิจัยปรับปรุงมาจากขั้นตอนการแก้ปัญหของแอดคินสัน มีขั้นตอนดังนี้

5.1 ขั้นระบุปัญหา หมายถึง การยอมรับปัญหาเพื่อเป็นจุดประสงค์ของการศึกษาค้นคว้า ได้แก่ การยอมรับปัญหาและพิจารณาตรวจสอบปัญหา

5.2 ขั้นเสนอแนวทาง หมายถึง การหาแนวทางในการแก้ปัญหาจากประสบการณ์เดิมและความคิดใหม่ ๆ ได้แก่ การค้นหาความคิดใหม่และการเลือกวิธีปฏิบัติ

5.3 ขั้นวางแผนการทดลองและดำเนินการทดลอง หมายถึง การออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลองเพื่อแก้ปัญหา ได้แก่ การเลือกวิธีที่ดีที่สุดมาทำเนิงาน และการทดลอง

5.4 ขั้นสรุปผล หมายถึง การนำผลของการทดลองเพื่อแก้ปัญหามาสรุปเป็นความรู้ใหม่ ได้แก่ การสรุปและสรุปไว้ในสถานการณ์ใหม่

5.5 ขึ้นนำไปใช้ หมายถึง การนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ที่เกิดขึ้น

6. การสอนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การดำเนินการสอนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ตามรายละเอียดในคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนดังนี้

6.1 ศึกษาขั้นตอนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนศึกษาประวัติและผลงานของนักวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นในลักษณะของการบูรณาการความรู้ นักเรียนวิเคราะห์ขั้นตอนการทำงานของนักวิทยาศาสตร์จากคำถามในคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ใช้เวลา 4 คาบ คาบละ 50 นาที

6.2 การปฏิบัติการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนปฏิบัติการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ตามขั้นตอนที่ศึกษาจากข้อ 6.1 จากสถานการณ์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยมีคำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิดและแนวทางในการแก้ปัญหาของสถานการณ์นั้น ใช้เวลา 12 คาบ คาบละ 50 นาที

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ในการศึกษครั้งนี้ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยดังต่อไปนี้
เอกสารที่เกี่ยวกับการศึกษาค้นคว้า

1. เอกสารเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
2. เอกสารเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
3. เอกสารเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
4. เอกสารเกี่ยวกับการสร้างแบบฝึก

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาค้นคว้า

1. งานวิจัยเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
2. งานวิจัยเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
3. งานวิจัยเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
4. งานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของ สสวท.

เอกสารเกี่ยวกับการศึกษาค้นคว้า

1. เอกสารเกี่ยวกับการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

การแก้ปัญหา (problem - solving)

ความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นทักษะอย่างหนึ่งที่จะต้องมีการฝึกฝนอยู่เสมอ
แม้ว่าครูไม่อาจจะฝึกฝนให้นักเรียนมีทักษะในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างเต็มที่ที่เรา
ฝึกให้เด็กเล่นดนตรี แต่การให้เด็กมีโอกาสฝึกฝนอยู่เสมอเช่นนั้นย่อมเป็นประโยชน์แก่เด็กอย่าง
แน่นอน วิธีการต่าง ๆ ที่ครูจะช่วยฝึกให้เด็กมีความสามารถในการแก้ปัญหา มังกร ทองสุคติ
(2522 : 5 - 10) กล่าวไว้ดังนี้

1. ปีกให้เด็กทำงานอยู่เสมอ (the persistency process) วิธีการแบบนี้เป็นวิธีการที่ใช้กันมานาน การทำงานจะช่วยให้เรามีประสบการณ์เพิ่มขึ้นจนช่วยให้เรามีแนวทางแก้ปัญหามากขึ้น ในการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ครูและนักเรียนต้องเผชิญปัญหาตลอดเวลา

2. ปีกให้เด็กมีการทดสอบอยู่เสมอ (the testimonial process) บางครั้งครูอาจกำหนดปัญหาให้นักเรียนช่วยกันหาคำตอบโดยแนะนำให้นักเรียนทำกิจกรรมบางอย่างหรือการแสดงการสาธิตเพื่อให้นักเรียนหาคำตอบให้ได้ นักเรียนที่มีโอกาสฝึกการแก้ปัญหาอยู่เสมอจะหาแนวทางต่าง ๆ ช่วยได้เป็นอย่างดี การสอนเนื้อหาวิชาบางครั้งครูไม่อาจทำการทดลองได้ เช่น การวัดระยะทางจากโลกกับดวงดาวในท้องฟ้า ก็ให้นักเรียนแก้ปัญหาโดยการทดสอบค้นคว้าจากแหล่งวิชาการต่าง ๆ

3. ปีกให้เป็นผู้มีเหตุผลแก่ตนเอง (the innate process) การฝึกแบบนี้เป็นการฝึกให้นักเรียนมีความเชื่อมั่นในตนเอง บางครั้งอาจจะเป็นการเชื่อแบบมีดวงสังหรณ์ (intuition) ซึ่งเป็นสัญชาตญาณของคน มีผลงานของนักวิทยาศาสตร์หลายอย่างที่เกิดขึ้นจากดวงสังหรณ์ เช่น Schwab ได้ค้นพบจุลินทรีย์ในดวงอาทิตย์

4. ให้อุบัติการวิจารณ์ (critical thinking) จอห์น ดิวอี้ นักการศึกษาผู้มีชื่อเสียงได้กำหนดวิธีการแก้ปัญหาโดยการวิเคราะห์ วิจัยปัญหานั้นออกเป็นขั้น ๆ ดังนี้

- ก. การกำหนดปัญหา
- ข. รวบรวมข้อเท็จจริง
- ค. ตั้งสมมติฐาน
- ง. ทดสอบสมมติฐาน
- จ. ประเมินผล

วิธีการแก้ปัญหาโดยวิธีนี้ ครูควรฝึกให้นักเรียนใช้อยู่เสมอ เพราะสามารถจะนำไปใช้ในอนาคตอีกด้วย นอกจากนั้นครูควรจะได้แนะนำหรือหาทางช่วยให้นักเรียนรู้จักคิดหรือกระทำในเรื่องเหล่านี้ โดย

4.1 ปีกิหรือจักการวิเคราะห์ - สังเคราะห์

4.2 ปีกิหรือจักออกความเห็น (suggestion)

การปีกิหรือกระตุ้นวัยให้นักเรียนจักแสดงความคิดเห็นอยู่เสมอนั้น จะเป็นการช่วยให้นักเรียนได้ปีกิการใช้ความคิดของตนเอง เพราะการคิดจะช่วยให้การเรียนของนักเรียนดีขึ้น ก็ว่าการจะปีกิให้นักเรียนใช้แต่ความจำอย่างเดียว ครูจะต้องคอยช่วยเหลือนักเรียนอยู่เสมอ เพราะนักเรียนอาจจะออกความเห็นในสิ่งที่ไม่ถูกต้องมากนักก็ได้

นอกจากนี้ หนองมหาวิทยาลัย (2525 : 232 - 234) ยังได้กล่าวว่าขั้นตอนในการแก้ปัญหาอาจแจกแจงไ้มากหรือน้อยกว่า 4 ขั้นก็ได้ แล้วแต่ความละเอียดในการแบ่งและหนองมหาวิทยาลัยก็ได้แบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน คือ

1. การระบุปัญหา สิ่งที่สำคัญในขั้นนี้ก็คือ ความสนใจที่มีต่อสิ่งที่พบเห็น ซึ่งเกิดเนื่องจากความอยากรู้อยากเห็น และทักษะในการสังเกต
2. การตั้งสมมติฐาน เป็นการคาดคะเนคำตอบที่อาจเป็นไปได้ซึ่งในทางวิทยาศาสตร์เรียกว่า สมมติฐาน
3. การทดลอง เป็นการกำหนดวิธีการแก้ปัญหา โดยอาศัยทักษะในการควบคุมตัวแปร การสังเกต และเจตคติทางวิทยาศาสตร์
4. การสรุปผลการทดลอง เป็นการแปลความ อธิบายความหมายของข้อมูล เพื่อหาความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูลที่ไ้กับสมมติฐานที่ตั้งไว้

พรณี ชุทัย (2520 : 188) กล่าวว่า นักจิตวิทยากลุ่ม S - R และ Gestal มีความเห็นพ้องกันว่าในกระบวนการเรียนรูของนักเรียน ครูควรจะช่วยสนับสนุนให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ เพราะความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นสิ่งสำคัญสำหรับบุคคลเมื่อต้องประสบกับปัญหาต่าง ๆ แล้ว ถ้าบุคคลนั้นแก้ปัญหาไม่ได้ก็จะเป็นสิ่งกีดขวาง การแสวงหาความรู้และการดำเนินงาน เช่นเดียวกับ มังกร ทองสุคติ (2522 : 63 - 65) ได้เน้นให้ความสำคัญของการแก้ปัญหว่า เป็นกรรมวิธีที่สำคัญของนักวิทยาศาสตร์ที่ใช้เป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้ที่ซ่อนเร้นอยู่ในธรรมชาติ กรรมวิธีนี้จะประกอบด้วยขั้นตอนทั้งหมด 6 ขั้น ดังนี้

1. การกำหนดตัวปัญหา
2. วิธีแก้ปัญหาคืออะไรที่จะใช้ได้
3. การกำหนดสมมติฐาน
4. การตรวจสอบสมมติฐานและการเก็บข้อมูล
5. การสำรวจข้อมูลและการลงความเห็น
6. การค้นหาข้อมูลย้อนกลับ

วิธีการแก้ปัญหาก็เกิดขึ้นได้เช่น พยอ ทิมป์ (2524 : 42) กล่าวว่า ต้องอาศัยกฎที่ได้เรียนรู้ไปแล้วช่วยแก้ปัญหาค้นพบ การแก้ปัญหาก็แก้ได้โดยการสอน โดยการบอกวิธีให้ อย่างไรก็ตาม ส่วนประกอบที่จะช่วยในการแก้ปัญหาก็คือ การใช้กฎที่ได้เรียนรู้ไปแล้ว ดังนั้นการแก้ปัญหาคือกระบวนการซึ่งผู้เรียนถึงสิ่งที่เรียนรู้ไปแล้วมาใช้แก้ปัญหานั้นในสถานการณ์ต่าง ๆ

บอดวิน (วรรณดี วรรณศิลป์. 2524 : 16 อ้างอิงมาจาก Baldwin. 1974 : 190 - 193) ได้กล่าวถึงพัฒนาการทางด้านการคิดและสติปัญญาของเพียเจต์ว่าเป็นกระบวนการเปลี่ยนแปลงโครงสร้างของสมองอย่างมีคุณภาพ โดยกระบวนการนี้จะติดต่อกัน โครงสร้างแต่ละโครงสร้างและส่วนรวมที่เปลี่ยนแปลงไปนั้น จะทำให้เกิดความคิดในรูปของเหตุและผลตามหลักตรรกศาสตร์ และได้แบ่งลำดับขั้นของพัฒนาการทางสติปัญญาออกเป็น 4 ขั้น คือ

ขั้นที่ 1 ขั้นการรับรู้โลกภายนอกทางประสาทสัมผัสและการใช้กล้ามเนื้อ (Sensori Motor stage) อายุระหว่าง 0 - 2 ปี เด็กใช้ประสาทสัมผัสยังไม่สามารถสร้างสิ่งใหม่และการคิดหาเหตุผลได้

ขั้นที่ 2 ขั้นก่อนที่จะคิดหาเหตุผลเป็น (Pre - Operational Stage) อายุระหว่าง 2 - 6 ปี เด็กจะเริ่มมีการคิดหาเหตุผลแต่ยังอยู่ในวงจำกัด

ขั้นที่ 3 ขั้นรู้จักใช้ความคิดโลเลียงเหตุผลจากสิ่งที่เป็นรูปธรรม (Stage of Concrete Operation) อายุระหว่าง 7 - 11 ปี เด็กเริ่มมีเหตุผลตามหลักตรรกศาสตร์ทั้งที่เป็นรูปธรรมและนามธรรมได้อย่างสมบูรณ์

ขั้นที่ 4 นี้เทียบได้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น มีลักษณะสำคัญคือ

1. เด็กเริ่มคิดหาเหตุผลจากสิ่งที่เขื่อนามธรรมได้ แต่ไม่เห็นของจริง ไม่พบประสบการณ์จริง เพียงแต่มีคนเล่าให้ฟังก็สามารถสร้างมโนภาพได้
2. เด็กคิดหาเหตุผลตามหลักตรรกศาสตร์ได้
3. เด็กสามารถสร้างสมมติฐานและสร้างแผนทดลองได้
4. เด็กสามารถลงข้อสรุปเป็นความจริงหลักที่ได้จากข้อมูล
5. เด็กสามารถถ่ายทอดความคิดเห็นจากรูปหนึ่งไปสู่อีกรูปหนึ่งได้
6. สามารถแก้โจทย์ปัญหาได้
7. มีความคิดเกี่ยวกับความน่าจะเป็น

สำเร็จ บุญเรืองรัตน์ (2520 : 4 - 5) อธิบายระบบการแก้ปัญหาตามขั้นตอนของ System Approach ดังนี้

1. ขั้นนิยามปัญหา เป็นขั้นของการวิเคราะห์หาคำชี้แจง วัตถุประสงค์ให้รู้ต้องแก้เสียก่อนว่าปัญหาที่ต้องแก้ไขคืออะไร
2. ขั้นตั้งวัตถุประสงค์ เป็นการกำหนดเป้าหมายเพื่อแก้ปัญหานั้น ๆ ว่าจะสัมฤทธิ์ผลทางด้านใด มีปริมาณมากน้อยเพียงใด วัตถุประสงค์ต้องมีความชัดเจนแจ่มแจ้ง
3. ขั้นสร้างเครื่องมือไว้คอยตรวจสอบผล
4. ขั้นเลือกหาวิธีการปฏิบัติ เป็นการค้นหาวិธีการต่าง ๆ ที่จะใช้ดำเนินการไปสู่เป้าหมายที่วางไว้ มองหาหลาย ๆ ทาง หลาย ๆ แง หลาย ๆ มุม ใจกว้าง และเป็นธรรมชาติพิจารณาข้อเสียทุกแง่ทุกมุม ตลอดจนข้อจำกัดต่าง ๆ
5. ขั้นเลือกวิธีที่ดีที่สุดมาดำเนินงานเป็นขั้นที่ต่อจากขั้นที่ 4 วิพากษ์วิจารณ์ถึงวิธีการต่าง ๆ แล้วสรุปเอาวิธีการที่ดีที่สุดลงปฏิบัติ
6. ขั้นการทดลอง เมื่อเลือกวิธีการแล้วก็ลงมือปฏิบัติตามวิธีการนั้น
7. ขั้นวัดผลและประเมินผล เพื่อทำการทดสอบปฏิบัติแล้วนำเครื่องมือใน ขั้น 3 มาประเมินผลดูว่า ตรงตามเป้าหมายเพียงใด บกพร่องอย่างไร จะปรับปรุงแก้ไข

Thorndike (Thorndike. 1950 : 192 - 216) กล่าวว่า การเรียนรู้ซึ่งเกี่ยวกับการนำข้อเท็จจริงไปใช้เพื่อแก้ปัญหาใหม่ เป็นกระบวนการที่แตกต่างกัน การเรียนรู้จากการแก้ปัญหาได้สำเร็จในสถานการณ์หนึ่ง ไม่ได้หมายความว่าต้องแก้ปัญหาในสถานการณ์อื่นได้เสมอไป

บลูม (Bloom. 1956 : 62) ได้ชี้ให้เห็นว่าขั้นตอนของกระบวนการคิดแก้ปัญหานั้นมีอยู่ 6 ขั้นตอน คือ

ขั้นที่ 1 เมื่อผู้เรียนได้พบกับปัญหา ผู้เรียนจะคิดค้นสิ่งที่เคยพบ เคยเห็น และเกี่ยวข้องกับปัญหา

ขั้นที่ 2 ผู้เรียนจะใช้ประโยชน์จากขั้นที่ 1 มาสร้างรูปแบบของปัญหาขึ้นใหม่

ขั้นที่ 3 การแยกแยะของปัญหา

ขั้นที่ 4 การเลือกใช้ทฤษฎี หลักการ ความคิดและวิธีการที่เหมาะสมกับปัญหา

ขั้นที่ 5 การใช้ข้อสรุปของวิธีการมาแก้ปัญหา

ขั้นที่ 6 ผลที่ได้จากการแก้ปัญหา

นอกจากนั้น บลูม (Bloom. 1956 : 122) ได้อธิบายเพิ่มเติมว่าความสามารถทางสมองที่น่ามาใช้คิดแก้ปัญหาในขั้นที่ 1 ถึงขั้นที่ 4 เป็นส่วนของการนำไปใช้ ขั้นที่ 5 และขั้นที่ 6 เป็นส่วนของความเข้าใจ ส่วนความรู้ความจำจำเป็นว่าเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการคิดแก้ปัญหา ความสามารถในการวิเคราะห์เป็นความสามารถทางสมองอีกอย่างหนึ่งที่นำมาใช้ในกระบวนการคิดแก้ปัญหา

แอตคินสัน (Atkinson. 1961 : 625) ได้กล่าวถึงวิธีการสอนการแก้ปัญหาว่าเป็นวิธีการเกี่ยวกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย 9 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นยอมรับปัญหา (recognition and definition)
2. ขั้นพิจารณาตรวจสอบ การทดลองเดิมซึ่งจะใช้ในการแก้ปัญหา (consideration of previous experience)

3. ค้นหาความคิดใหม่ ๆ หรือหาข้อเท็จจริงมาสนับสนุนการแก้ปัญหา
(searching for new ideals of facts)
4. ศึกษาและประเมินผลของการค้นคว้า หรือเลือกวิธีปฏิบัติ (study and evaluation)
5. ตัดสินเลือกวิธีที่คิดค้นมาดำเนินงาน (determination of one approach)
6. ขั้นตอนทดลอง (testing)
7. ขั้นสรุป (conclusion)
8. ขั้นสรุปไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ หรือการทดลองที่เหมือนเดิม (using the conclusion in a particular situation)
9. นำข้อสรุปไปใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ (statement of the conclusion as a generalization to be used in solving other similar or new problem)

วานนอย (Vannoy. 1965 : 385 - 396) ได้ศึกษาขั้นตอนการของการคิดขั้นสูงเพื่อการแก้ปัญหา พบว่า องค์ประกอบที่บุคคลใช้ในระยะบวนการคิดหาเหตุผลในการแก้ปัญหา คือ

1. องค์ประกอบในกระบวนการแยกแยะความแตกต่างและองค์ประกอบในคำสรุปรวมหรือบูรณาการ
2. สภาพของกระบวนการคิดนั้นขึ้นอยู่กับสภาพของสิ่งเร้าที่เหมาะสม
3. พฤติกรรมที่แสดงออกถึงความคิดขั้นสูงของบุคคลนั้นไม่ปรากฏเป็นเอกภาพ

บรูเนอร์ (Bruner. 1966 : 123 - 127) ได้ศึกษาวิธีการคิดแก้ปัญหา และได้สรุปว่าการคิดแก้ปัญหามองบุคคลนั้นต้องการกลไกแห่งความสามารถในการอ้างอิงและจำแนกประเภทของสิ่งเร้าประสบการณ์การรับรู้ต่าง ๆ ก็เป็นปัจจัยที่สำคัญยิ่งของกระบวนการจัดประเภทอื่นที่จะนำไปสู่การตอบสนองในขั้นสุดท้าย ขั้นตอนต่าง ๆ ในการคิดแก้ปัญหานี้ดังนี้

1. ขั้นรู้จำปัญหา (Problem isolation) เป็นขั้นที่บุคคลรับรู้สิ่งเร้าที่ตนกำลังเผชิญอยู่ว่าเป็นปัญหา
 2. ขั้นแสวงหาเค้าเงื่อน (Search for cues) เป็นขั้นที่บุคคลใช้ความพยายามอย่างมากในการระลึกถึงประสบการณ์เดิม
 3. ขั้นตรวจสอบความถูกต้อง (Confirmation check) ก่อนที่จะยอมรับในลักษณะของการจัดประเภทหรือแยกโครงสร้างของเนื้อหา
 4. การตัดสินใจยอมรับหรือคัดค้านกับปัญหา
- วิธีการแก้ปัญหที่เรียกว่า Dewey's Problem Solution ที่ กิวอี้ (กิ่งฟ้า สินธุวงษ์. 2525 : 5 - 6 อ้างอิงมาจาก Dewey. 1971 : 139) เสนอไว้เป็นขั้นตอนดังนี้

1. การรับรู้และเข้าใจปัญหา เมื่อมีปัญหาเกิดขึ้น คนส่วนใหญ่จะต้องพบกับความตึงเครียด ความสงสัย และความยากลำบากที่จะต้องพยายามแก้ไขปัญหานั้นให้หมดไป ในขั้นต้นผู้พบปัญหาจะต้องรับรู้และเข้าใจในตัวปัญหานั้นก่อน
2. การระบุและแจกแจงลักษณะของปัญหา ปัญหาที่เกิดขึ้นจะมีลักษณะแตกต่างกัน มีระดับความยากง่ายที่จะแก้ไขได้ต่างกัน จึงต้องพิจารณาสิ่งต่อไปนี้
 - 2.1 มีตัวแปรหรือคุณเหตุหรือองค์ประกอบอะไรบ้าง
 - 2.2 มีอะไรบ้างที่จะต้องทำในการแก้ปัญหาโดยที่อาจจะเป็นการระบุปัญหาได้ไม่แจ่มชัด เป็นต้น
 - 2.3 ต้องจัดการมองปัญหาในวงกว้างออกไป โดยให้มองเฉพาะสิ่งที่เกิดขึ้นเพื่อที่จะแก้ปัญหาไปทีละตอน
 - 2.4 ต้องรู้จักถามคำถามที่จะเป็นกุญแจนำไปสู่การแก้ปัญหา
 - 2.5 พยายามดูเฉพาะสิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหาวจริง ๆ บางครั้งอาจมีสิ่งที่เรา มองไม่เห็นชัดที่เป็นตัวก่อปัญหา ถ้าจับสิ่งนั้นได้ก็จะแก้ปัญหาก็ได้
3. การรวบรวมข้อเท็จจริงเกี่ยวกับปัญหาเพื่อการตั้งสมมติฐาน

3.1 จะมีวิธีการหาข้อเท็จจริงเกี่ยวกับปัญหานั้นได้อย่างไร ใครจะเป็นผู้ให้ข้อมูลเหล่านั้น

3.2 สร้างสมมติฐานหรือคำถามที่อาจเป็นไปได้เพื่อช่วยแก้ปัญหา

4. การเลือกวิธีแก้ปัญหา หลังจากได้ความคิดว่าจะแก้ปัญหายังไงแล้ว ก็ลองพิจารณาว่าจะใช้วิธีการใดบ้าง

การเรียนการสอนกับความสามารถในการแก้ปัญหา

ความสามารถในการแก้ปัญหของแต่ละบุคคลนั้น จะแตกต่างกันออกไป เพราะคนเรา จะมีความสามารถในการแก้ปัญหาได้หรือไม่ขึ้นอยู่กับว่าบุคคลนั้นมีระดับสติปัญญา ความรู้ อารมณ์ ประสบการณ์ ตลอดจนได้รับการจูงใจหรือไม่เพียงใด ซึ่งสิ่งเหล่านี้เป็นปัจจัยสำคัญต่อความสามารถในการแก้ปัญหา และเราจะเห็นว่าวิธีการแก้ปัญหานั้นไม่มีขั้นตอนตายตัวเสมอไป ดังนั้นการเรียนการสอนจึงเป็นส่วนหนึ่งที่จะช่วยพัฒนาปัจจัยต่าง ๆ อันที่จะส่งผลให้ความสามารถในการแก้ปัญหของนักเรียนดีขึ้น ดังเช่น

โกลด์สไตน์ (Goldstein. 1949 : 233 - 239) ได้กล่าวว่า ครูควรสอนการแก้ปัญหาโดยตรงแก่นักเรียน ซึ่งควรจะมีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่จะช่วยให้นักเรียนได้รู้จักคิด รู้จักพิสูจน์เพื่อหาข้อสรุปและให้นักเรียนมองเห็นคุณค่าของการแก้ปัญหา

แกรเออร์ (Gaier. 1953 : 138 - 141) กล่าวว่า ในการแก้ปัญหานั้น จำเป็นต้องอาศัยข้อเท็จจริง แต่ข้อเท็จจริงเพียงอย่างเดียวไม่เพียงพอในการแก้ปัญหา จำเป็นต้องรู้จักสังเกตพิจารณาคัดเลือกหาแนวทางที่เป็นประโยชน์ต่อการแก้ปัญห การสอนที่บอกแนวทางและข้อเท็จจริงในการแก้ปัญหานั้นไม่สามารถช่วยให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาได้ ครูควรฝึกให้นักเรียนรู้จักสังเกตและหาแนวทางในการแก้ปัญหาคายตนเอง

ดเรสเซล (Dressel. 1955 : 418 - 420) กล่าวว่า การแก้ปัญหเป็นเป้าหมายสำคัญของการศึกษาในทุกสาขาวิชา การแก้ปัญหานั้นเป็นส่วนหนึ่งที่มีอิทธิพลในระหว่างหลักสูตรต่าง ๆ การแก้ปัญหเป็นส่วนหนึ่งที่สำคัญและจำเป็นสำหรับการศึกษาในโรงเรียนทั่วไป การแก้ปัญหามิใช่เป็นส่วนหนึ่งเฉพาะการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เท่านั้น

สโตร์เบอร์ค (Stollburg. 1950 : 225 - 228) ให้ความเห็นว่า ปัญหาที่เกิดขึ้นและวิธีการแก้ปัญหานั้น ผู้แก้ปัญหาแต่ละคนย่อมมีลักษณะเฉพาะเอกลักษณ์ การแก้ปัญหาจึงไม่เหมือนกัน การแก้ปัญหาไม่มีขั้นตอนที่แน่นอนตายตัวและไม่เป็นลำดับขั้น อาจสลับก่อนหลัง หรือบางขั้นตอนไม่มีก็ได้ นอกจากนั้นการแก้ปัญหายังขึ้นอยู่กับ

1. ประสบการณ์ของแต่ละบุคคล
2. วุฒิมารของสมอง
3. สภาพการณ์ที่แตกต่างกัน
4. กิจกรรมและความสนใจของแต่ละคนที่ทำปัญหานั้น

เบเกอร์ (Baker. 1960 : 153 - 155) เห็นด้วยกับโกลด์สตีน ที่ว่า ครูควรสอนให้นักเรียนแก้ปัญหาโดยการปรับปรุงเทคนิคในการสังเกต การอธิบาย การวางแผนงาน และพยายามส่งเสริมให้นักเรียนมีประสบการณ์เพื่อที่จะนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

กานเบ (Gagne. 1970 : 63) ได้อธิบายถึงความสามารถทางด้านการคิดแก้ปัญหาว่า เป็นรูปแบบของการเรียนรู้อย่างหนึ่งที่ของอาศัยการเรียนรู้ประเภทหลักการที่มีความเกี่ยวข้องกันตั้งแต่ 2 ประเภทขึ้นไป และใช้หลักการนั้นผสมผสานกันจนเป็นความสามารถชนิดใหม่ที่ดีกว่าเดิม ความสามารถทางด้านการแก้ปัญหา โดยการเรียนรู้ ประเภทหลักการนี้ของอาศัยหลักการเรียนรู้ซึ่งก็เป็นพื้นฐานของการเรียน การเรียนรู้ประเภทนี้ กานเบได้อธิบายว่าเป็นการเรียนรู้อีกประเภทหนึ่งที่ของอาศัยความสามารถในการมองเห็นลักษณะร่วมกันของสิ่งเร้าทั้งหมด

จากเอกสารดังกล่าวจึงสรุปได้ว่า เมื่อนักวิทยาศาสตร์มีความสนใจหรือพบปัญหาที่ต้องการหาคำตอบหรือคำอธิบาย ในขั้นแรกจะต้องขบงปัญหาและตั้งสมมติฐาน จากนั้นจึงกำหนดวิธีการแก้ปัญหา สังเกตหรือทดลอง เกี่ยวกับเรื่องราวนั้น ๆ แล้วนำผลที่ได้จากการสังเกต หรือทดลองมารวบรวมไว้เป็นผลสรุปของการทดลองหรือคำตอบของปัญหาคงกล่าว ในการดำเนินการแก้ปัญหาโดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ นักวิทยาศาสตร์ต้องอาศัยความสามารถในการใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (science process skills)

2. เอกสารเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

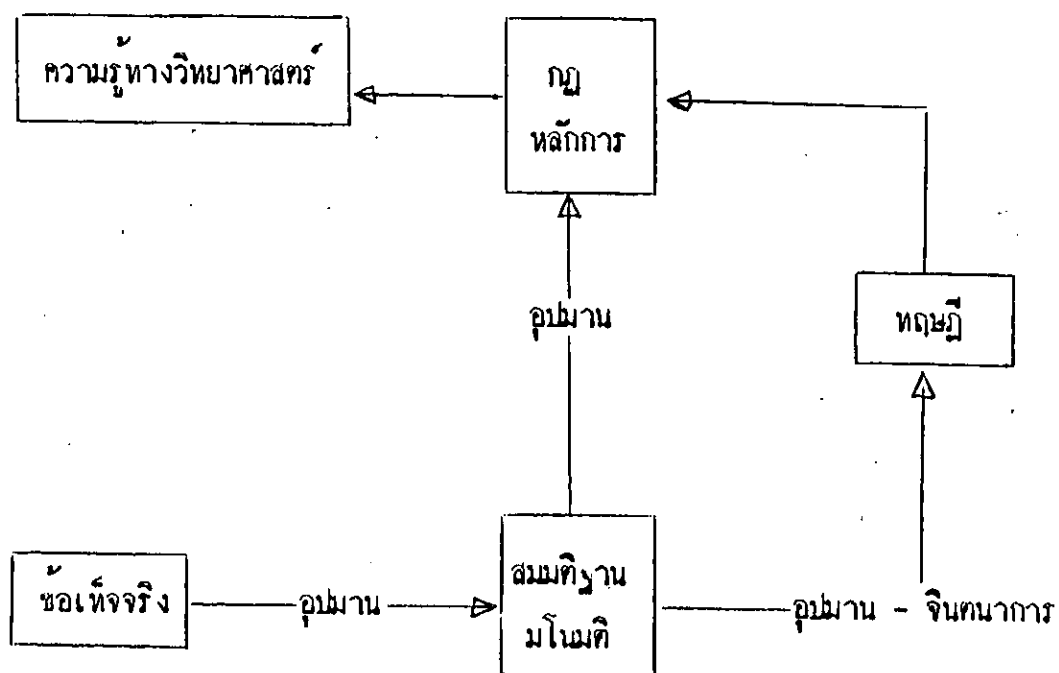
สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ได้กำหนดความมุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้ (ประวิตร ชูศิลป์. 2524 : 1 - 2)

1. เพื่อให้เกิดความเข้าใจในหลักการและทฤษฎีขั้นพื้นฐานของวิชาวิทยาศาสตร์
2. เพื่อให้เกิดความเข้าใจในลักษณะขอบเขต และวงจำกัดของวิทยาศาสตร์
3. เพื่อให้เกิดทักษะที่สำคัญในการศึกษาค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์
4. เพื่อให้เกิดเจตคติทางวิทยาศาสตร์
5. เพื่อให้เกิดความเข้าใจถึงอิทธิพลของวิทยาศาสตร์ที่มีต่อมวลมนุษยและ

สภาพแวดล้อม

เนื่องจากความหมายที่แท้จริงของวิทยาศาสตร์คือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (ทบวงมหาวิทยาลัย. 2525 : 1 - 15) และสมจิต สวชนไพบูลย์ (2526 : 2 - 9) ได้กล่าวถึงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับทบวงมหาวิทยาลัย (2525 : 8 - 13) โดยสรุปดังนี้

ความรู้ทางวิทยาศาสตร์คือส่วนที่เป็นผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ โดยทั่วไปความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะเกิดขึ้นหลังจากที่ได้มีการใช้กระบวนการแสวงหาความรู้ดำเนินการค้นคว้าสืบเสาะ ตรวจสอบจนเป็นที่เชื่อถือได้ ความรู้นั้นจะถูกรวบรวมไว้เป็นหมวดหมู่ ซึ่งสรุปความสัมพันธ์ไว้ดังนี้ (สมจิต สวชนไพบูลย์. 2526 : 9)



ภาพประกอบ 1 แผนภูมิแสดงความสัมพันธ์ของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์

เป็นกระบวนการคิดการกระทำอย่างมีระบบในการค้นหาข้อเท็จจริงต่าง ๆ จากปรากฏการณ์ธรรมชาติและจากสถานการณ์ที่รอบตัวเราโดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ มีลำดับขั้นตอนดังนี้ (สมจิต สวชนไพบูลย์. 2526 : 9 - 11)

1. ระบุปัญหา
2. ตั้งสมมติฐาน
3. พิสูจน์หรือทดสอบ
4. สรุปผลและการนำไปใช้

การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นอกจากจะใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์แล้ว ผลของการศึกษาค้นคว้าจะมีประสิทธิภาพเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับคุณลักษณะนิสัยของบุคคลนั้น ๆ เป็นองค์ประกอบอีกด้วย คุณลักษณะที่จะก่อให้เกิดประโยชน์ในการแสวงหาความรู้นี้เรียกว่า เจตคติทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วย

1. ความละเอียด คัดค้าน อุตสาหะ
2. ความอดทน
3. ความมีเหตุผลไม่เชื่อสิ่งใก้ง่าย ๆ โดยปราศจากข้อเท็จจริงมาสนับสนุนอย่างเพียงพอ
4. ความมีใจกว้าง ยอมรับฟังความคิดเห็นของคนอื่น ไม่ยึดมั่นในความคิดของตนเพียงฝ่ายเดียว
5. มีความกระตือรือร้นที่จะค้นหา ความรู้
6. มีความซื่อสัตย์สุจริต
7. สามารถร่วมงานกับผู้อื่น
8. ยอมรับการเปลี่ยนแปลงและความก้าวหน้าใหม่ ๆ

ดังนั้นการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ให้นักเรียนได้รับทั้งเนื้อหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์จะต้องวัดผลทั้งสองส่วน และเพื่อความสะดวกในการประเมินผล ผู้วิจัยจึงได้นำการจำแนกพฤติกรรมในการวัดผล วิชาวิทยาศาสตร์ (ประวิทย์ ชูสี. 2524 : 21 - 31) เพื่อนำไปสร้างแบบทดสอบ วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำหรับเป็นเกณฑ์ตัดสินว่านักเรียนได้เรียนรู้ไปมากน้อยหรืออีกซึ่งเพียงใด 4 พฤติกรรม ดังนี้คือ

1. ความรู้ ความจำ หมายถึง ความสามารถในการระลึกถึงสิ่งที่เคยเรียนรู้ไปแล้ว เกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความคิดรวบยอด หลักการ กฎ และทฤษฎี
2. ความเข้าใจ หมายถึง ความสามารถในการจำแนกความรู้ได้ เมื่อปรากฏอยู่ในรูปใหม่ และความสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปยังอีกสัญลักษณ์หนึ่ง

3. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้กระบวนการ การสังเกต การจำแนกประเภท การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การลงความเห็นจากข้อมูล การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง การตีความหมายข้อมูล และการลงข้อสรุป

4. การนำความรู้ไปใช้ หมายถึง ความสามารถในการนำความรู้และวิธีการต่าง ๆ ทางวิทยาศาสตร์ ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่หรือจากที่แตกต่างไปจากที่เคยเรียนรู้มาแล้ว โดยเฉพาะอย่างยิ่งคือการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นสิ่งที่มีความสำคัญมากในการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ สมจิต สวชนไพบูลย์ (2526 : 63 - 69) กล่าวว่า กระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการคิด การกระทำอย่างมีระบบในการค้นคว้าหาข้อเท็จจริงต่าง ๆ จากประสบการณ์ธรรมชาติและจากสถานที่ที่ถูกรอบ ๆ ตัวเราโดยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ตามลำดับขั้นคือ การระบุปัญหา การตั้งสมมติฐาน การทดลองหรือพิสูจน์ การสรุปผลและนำไปใช้

การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ นอกจากจะใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์แล้ว ผลของการศึกษาค้นคว้าจะมีประสิทธิภาพเพียงใดนั้นขึ้นอยู่กับลักษณะการนำเอากระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ ตลอดจนการให้การพัฒนาความคิดในการแก้ปัญหาและไปหาคำตอบ หรืออาจกล่าวได้ว่า การแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้น จำเป็นต้องมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์นั่นเอง

3. เอกสารเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1. ความสำคัญของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ในปี พ.ศ. 2513 ได้มีการพัฒนาหลักสูตรขึ้นในประเทศไทย โดยกระทรวงศึกษาธิการ ได้จัดตั้งสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีขึ้น เพื่อกำเนินการ

ในเรื่องนี้ สถาบันไค้ตระหนักถึงความสำคัญของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ว่า ควรเน้นทั้งด้านเนื้อหาวิชาและกระบวนการวิทยาศาสตร์ด้วย ในหลักสูตรที่สถาบันพัฒนาขึ้น จึงมีการนำเอาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการสอนวิทยาศาสตร์ด้วย (เขาวนั อยะวงศ. 2526 : 16)

สมจิต สวชนไพบูลย์ (2526 : 11 - 16) ไค้กล่าวถึงเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ว่า ประกอบไปคัวย 2 ส่วน คื ส่วนที่เป็นตัวคัวยรู้ และส่วนที่เป็นกระบวนการแสวงหาคัวยรู้ (The Body of Knowledge and Process of Science) ส่วนที่เป็นตัวคัวยรู้ ไค้แก้ ข้อเท็จจริง หลักการ สมมติฐาน กฎ ทฤษฎี ส่วนที่เป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไค้แก้ ขั้นตอนการแสวงหาคัวยรู้ เช่น การสังเกต การวัด การจำแนกประเภท การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การกำหนดคัวยและคัวยคุม ตัวแปรการทดลอง การคัวยความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525 : 1) ไค้ให้ความหมายสอดคล้องกันว่า "วิทยาศาสตร์" หมายถึง คัวยรู้ทาง ๆ เช่น ข้อเท็จจริง กฎ ทฤษฎี และสมมติฐาน นอกจากนี้ยังรวมถึงทักษะกระบวนการในการแสวงหาคัวยรู้ อีกคัวย

กิ่งฟ้า สินขวงษ์ และคนอื่น ๆ (2521 : 1) ไค้กล่าวถึงธรรมชาติของวิชา วิทยาศาสตร์ว่า วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ประกอบด้วยเนื้อหา (Content) ซึ่งเป็นที่รวมของ ข้อเท็จจริง มโนคติ สมมติฐาน กฎ หลักการและทฤษฎี เข้าคัวยกันเป็นระเบียบแบบแผน หรือระบบของคัวยรู้ซึ่งต้องอาศัยกระบวนการ (Process) ทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือช่วยในการแสวงหาคัวยรู้ วิทยาศาสตร์จึงมีส่วนประกอบใหม่ ๆ แยกเป็น 2 ส่วน คื ผลผลิต (Product) และกระบวนการ (Process) ซึ่งเป็นวิธีแสวงหาคัวยรู้ทาง วิทยาศาสตร์ (Scientific method) อันมีขั้นตอนเริ่มจากการสังเกต การรวบรวม ข้อมูล การนำข้อมูลมาคัวยความสัมพันธ์ หรืออธิบายลักษณะของปรากฏการณ์ การตั้งสมมติฐาน การตั้งกฎ และการออกแบบการทดลอง ซึ่งกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เหล่านี้ต้องใช้ทักษะ บ่อย ๆ อีกมาก เช่น การวัด การสังเกต การคำนวณ เป็นต้น

ฉวีวรรณ ถินาวงศ์ (ม.ป.ป. 19 - 21) ได้กล่าวถึงพฤติกรรมที่ครูควรปลูกฝังในการสอนวิทยาศาสตร์ว่ามี 2 ประการที่สำคัญคือ

1. ทักษะและความสามารถ (Skills and Abilities) ซึ่งแบ่งเป็น 2 ขอบย คือ

1.1 ทักษะและความสามารถทางด้านการกระทำ การปฏิบัติจริง ๆ (Functional Skills and Abilities) เช่น การสังเกต การชั่ง ตวง วัด การจดบันทึก การวางแผนโครงการและปฏิบัติการทดลองอย่างรอบคอบ การอ่านและแปลความหมายจากข้อความ แผนภูมิ ตาราง และสถิติง่าย ๆ ฯลฯ

1.2 ทักษะและความสามารถด้านสมอง (Mental Skills and Abilities) คือ ทักษะและความสามารถในการเชิงสติปัญญาเกี่ยวกับการแก้ปัญหาและการคิดหาเหตุผล เช่น ความสามารถในการประยุกต์ความรู้มาใช้ ความสามารถในการพยากรณ์หรือคาดคะเนสิ่งที่จะเกิดขึ้น ความสามารถในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ

2. เจตคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Attitude) เช่น ความมีเหตุผล มีใจกว้าง

3. ความซาบซึ้งในคุณค่าของวิทยาศาสตร์ (Appreciation)

4. ความสนใจในวิชาวิทยาศาสตร์ (Interest)

คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (ทบวงมหาวิทยาลัย. 2525 : 58 - 59) ได้กล่าวว่า การสอนวิทยาศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพนั้นขึ้นอยู่กับองค์ประกอบหลายประการที่สำคัญ ได้แก่ ครูจะต้องมีความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายและขอบเขตของคำว่าวิทยาศาสตร์เป็นอย่างดี และตระหนักถึงความสำคัญของกระบวนการแสวงหาความรู้ไม่น้อยไปกว่าเนื้อหา เพราะความรู้เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ส่วนกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์นั้นสามารถนำไปใช้ในการศึกษาหาความรู้ได้ตลอดไป ซึ่งวิธีการหนึ่งที่ใฝ่หาคำรู้ความสามารถทางวิทยาศาสตร์ ก็คือ การทดลอง ค้นคว้า ในขณะที่ทำการทดลองผู้ทดลองมีโอกาสฝึกฝนทั้งในด้านปฏิบัติและพัฒนาความคิดไปด้วย

เช่น ปีกสังเกศ มันหักข้อมูล หากความสัมพันธ์ของตัวแปรต้น ทั้งสมมติฐานและทำการทดลอง เป็นต้น พฤติกรรมที่เกิดจากการปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบนี้ เรียกว่า "ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์"

จะเห็นว่า การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้น นอกจากจะเน้นทางค่านเนื้อหาหรือผลผลิตทางวิทยาศาสตร์แล้ว จะต้องให้ความสำคัญของกระบวนการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ไม่ยิ่งหย่อนไปกว่ากัน ซึ่งกระบวนการแสวงหาความรู้นี้เป็นขั้นตอนการปฏิบัติงานในการศึกษาค้นคว้า ซึ่งต้องมีการฝึกฝนและใช้ทักษะย่อย ๆ มากมายอย่างเป็นระบบระเบียบ ทักษะเหล่านี้รวมเรียกว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2. ประเภทและความหมายของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

จำแนก พรายแบ่มแซ ใค้พูดถึงความมุ่งหมายของการสอนวิทยาศาสตร์ไว้

5 ประการ คือ

1. เพื่อให้เข้าใจวิธีทำงานของนักวิทยาศาสตร์ (How Scientists work)
- ซึ่งหมายถึง วิธีวิทยาศาสตร์ (Scientific Method)
2. เพื่อให้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Attitudes)
3. เพื่อให้มีทักษะและความสามารถ (Skills and Abilities)
4. เพื่อให้รู้คุณค่าในวิทยาศาสตร์
5. เพื่อให้เกิดความสนใจในวิชาวิทยาศาสตร์ (จำนวน พรายแบ่มแซ.

2514 : 21 - 29)

โดยเฉพาะในจุดมุ่งหมายข้อที่ 3 เพื่อให้เกิดทักษะและความสามารถนั้น
ไค้กล่าวว้าทักษะและความสามารถเป็นสิ่งที่เกิดคู่กัน ทักษะและความสามารถแบ่งออกเป็น
2 ค่าน คือ

1. ทักษะและความสามารถด้านการกระทำ (Functional Skills and Abilities)
2. ทักษะและความสามารถด้านจิตใจหรือปัญญา (Mental Skills and Abilities)

เมื่อพิจารณาความหมายของทักษะด้านการกระทำและค่านิยมแล้ว จะเห็นว่า เป็นทักษะที่ต้องใช้ในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเรียกว่า ทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science Process Skills) นั้นเอง

คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (ทบวงมหาวิทยาลัย เล่ม 1. 2525 : 58 - 85) ได้กล่าวถึงประเภทและความหมายของ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่ามี 13 ทักษะ คือ ทักษะการสังเกต การวัด การคำนวณ การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติกับมิติและมิติกับเวลา การลงความคิดเห็นจากข้อมูล การสื่อความหมาย การทำนาย การตั้งสมมติฐาน การให้ คำนียามเชิงปฏิบัติการ การควบคุมตัวแปร การทดลอง การแปลความหมายข้อมูล และ สรุปผล

สมาคมวิทยาศาสตร์ชั้นสูงของสหรัฐอเมริกา หรือ AAAS (American Association for the Advancement of Science. 1970 : 33 - 176) ได้กล่าวว่า ในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้นั้นควรจะได้เรียนรู้ถึงทักษะกระบวนการทาง วิทยาศาสตร์ ซึ่งแบ่งออกเป็น 13 ทักษะ โดยแบ่งออกเป็น 2 ประเภท ดังนี้

ก. ทักษะกระบวนการขั้นมูลฐาน (The Basic Process Skills) ได้แก่

1. การสังเกต (Observing)
2. การหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติ (Using Space Time Relations)
3. การจำแนก (Classifying)
4. การใช้เลขจำนวนและการคำนวณ (Using Number)
5. การวัด (Measuring)
6. การสื่อความหมาย (Communication)
7. การพยากรณ์ (Prediction)
8. การสรุปอ้างอิง (Infering)

๑. ทักษะขั้นบูรณาการ (The Intergrated Process Skills) ได้แก่

1. การควบคุมตัวแปร (Controlling Variable)
2. การตีความหมายข้อมูล (Interpreting Data)
3. การตั้งสมมติฐาน (Formulating Hypothesis)
4. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ (Defining Operationally)
5. การทดลอง (Experimenting)

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท. 2526 : 1 - 5) ได้กล่าวถึงทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ว่ามี 13 ทักษะ และแต่ละทักษะมีความหมายดังต่อไปนี้ คือ

1. การสังเกต หมายถึง การใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่งหรือหลายอย่างรวมกัน ได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น และผิวหนัง เข้าไปสัมผัสโดยตรงกับวัตถุหรือเหตุการณ์ โดยมีจุดประสงค์ที่จะหาข้อมูล ซึ่งเป็นรายละเอียดของสิ่งนั้น ๆ โดยไม่ใส่ความคิดเห็นของผู้สังเกตลงไป ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอาจแบ่งได้เป็น 3 อย่าง คือ ข้อมูลเกี่ยวกับลักษณะและสมบัติข้อมูลเชิงปริมาณ (โดยการกะประมาณ) และข้อมูลเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

1.1 ชั่งและบรรยายสมบัติของวัตถุได้โดยการใช้ประสาทสัมผัสอย่างใดอย่างหนึ่ง หรือหลายอย่าง

1.2 บรรยายสมบัติเชิงปริมาณของวัตถุได้ โดยการกะประมาณ

1.3 บรรยายการเปลี่ยนแปลงของสิ่งที่สังเกตได้

2. การวัด หมายถึง การเลือกและการใช้เครื่องมือทำการวัดหาปริมาณของสิ่งต่าง ๆ ออกมาเป็นตัวเลขที่แน่นอนได้อย่างเหมาะสมและถูกต้องโดยมีหน่วยกำกับเสมอ ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

2.1 เลือกใช้เครื่องมือได้เหมาะสมกับสิ่งที่จะวัด

2.2 บอกเหตุผลในการเลือกเครื่องมือวัดได้

2.3 บอกวิธีจัดและวิธีใช้เครื่องมือวัดได้อย่างถูกต้อง

2.4 ทำการวัดความกว้าง ความยาว ความสูง คุณภูมิ ปริมาตร น้ำหนัก และสิ่งอื่น ๆ ได้ถูกต้อง

2.5 ระบุนิยามของตัวเลขที่ได้จากการวัด

3. การจำแนกประเภท หมายถึง การแบ่งพวกหรือเรียงลำดับวัตถุหรือสิ่งที่อยู่ในปรากฏการณ์โดยมีเกณฑ์ดังกล่าว อาจจะใช้ความเหมือน ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์อย่างใดอย่างหนึ่งก็ได้ ความหมายที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

3.1 เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่าง ๆ จากเกณฑ์ผู้อื่นกำหนดให้ได้

3.2 เรียงลำดับหรือแบ่งพวกสิ่งต่าง ๆ โดยใช้เกณฑ์ของตนเองได้

3.3 บอกเกณฑ์ผู้อื่นใช้เรียงลำดับหรือแบ่งพวกได้

4. การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปสและสเปสกับเวลา หมายถึง ที่ว่างที่วัตถุนั้นครองที่ ซึ่งจะมีรูปร่างลักษณะ เช่นเดียวกับวัตถุนั้น โดยทั่วไปแล้วสเปสของวัตถุ จะมี 3 มิติ คือ ความกว้าง ความยาว ความสูง ความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปสของวัตถุ ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุหนึ่งกับอีกวัตถุหนึ่ง ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

4.1 ชี้บ่งรูป 2 มิติ และวัตถุ 3 มิติ ที่กำหนดให้ได้

4.2 วาดรูป 2 มิติ จากวัตถุหรือรูป 3 มิติ ที่กำหนดให้ได้

4.3 บอกชื่อของรูปทรงและรูปทางเรขาคณิตได้

4.4 บอกความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มิติกับ 3 มิติ ได้ เช่น ระบุนิยาม 3 มิติ

ที่เห็นเนื่องจากการหมุนรูป 2 มิติ

- เมื่อเห็นเงา (3 มิติ) สามารถบอกเงา (2 มิติ) ที่เกิดขึ้น

- เมื่อเห็นเงา (2 มิติ) ของวัตถุ สามารถบอกรูปทรงของวัตถุ

(2 มิติ) ที่เป็นต้นกำเนิดเงา

- บอกรูปของรอยตัด (2 มิติ) ที่เกิดขึ้นจากการตัดวัตถุ (3 มิติ)

ออกเป็น 2 ส่วน

4.5 บอกตำแหน่งหรือทิศของวัตถุหนึ่งได้

4.6 บอกได้ว่าวัตถุหนึ่งอยู่ในตำแหน่งหรือทิศใดของอีกวัตถุหนึ่ง

4.7 บอกความสัมพันธ์ของสิ่งที่อยู่หน้ากระดานและภาพที่ปรากฏในกระดานว่าเป็นชายหรือสาวของกันและกันได้

ความสัมพันธ์ระหว่างสเปซของวัตถุกับเวลา ได้แก่ ความสัมพันธ์ระหว่างสเปซของวัตถุที่เปลี่ยนไปกับเวลา ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

4.8 บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงตำแหน่งที่อยู่ของวัตถุกับเวลาได้

4.9 บอกความสัมพันธ์ระหว่างการเปลี่ยนแปลงขนาดหรือปริมาณของสิ่งต่าง ๆ กับเวลาได้

5. การคำนวณ หมายถึง การนับจำนวนของวัตถุและการนำตัวเลขที่นับได้มาคิดคำนวณโดย การบวก ลบ คูณ หาร หรือหาค่าเฉลี่ย ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

5.1 การนับ ได้แก่

- นับจำนวนสิ่งของใดถูกต้อง
- ใช้ตัวเลขแสดงจำนวนที่นับได้
- ทักสินว่าของในแต่ละกลุ่มมีจำนวนเท่ากันหรือต่างกัน
- ทักสินว่าของในกลุ่มใดมีจำนวนเท่ากันหรือต่างกัน

5.2 การหาค่าเฉลี่ย ได้แก่

- บอกวิธีการหาค่าเฉลี่ย
- หาค่าเฉลี่ย
- แสดงวิธีการหาค่าเฉลี่ย

6. การจัดกระทำและสื่อความหมายข้อมูล หมายถึง การนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกต การวัด การทดลอง และจากแหล่งอื่น ๆ มาจัดกระทำเสียใหม่โดยการหาความถี่

เรียงลำดับ จัดแยกประเภท หรือคำนวณหาค่าใหม่โดยการหาความถี่เรียงลำดับ จัดแยกประเภท หรือคำนวณหาค่าใหม่ เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจความหมายของข้อมูลชุดนั้นดีขึ้น โดยอาจเสนอในรูปของตาราง แผนภูมิ แผนภาพ ไคอะแกรม วงจร กราฟ สมการ เขียน บรรยาย เป็นต้น ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

- 6.1 เลือกรูปแบบที่จะใช้ในการนำเสนอข้อมูลได้เหมาะสม
- 6.2 บอกเหตุผลในการเลือกรูปแบบที่จะใช้ในการเสนอข้อมูลได้
- 6.3 ออกแบบการเสนอข้อมูลตามรูปแบบที่เลือกไว้ได้
- 6.4 เปลี่ยนแปลงข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่เข้าใจดีขึ้นได้

7. การลงความคิดเห็นจากข้อมูล หมายถึง การเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตอย่างมีเหตุผล โดยอาศัยความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ สามารถอธิบายหรือสรุปโดยเพิ่มความคิดเห็นให้กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกต โดยใช้ความรู้หรือประสบการณ์เดิมมาช่วย

8. การพยากรณ์ หมายถึง การสรุปค่าที่มองล่วงหน้าก่อนจะทดลองโดยอาศัยปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น ๆ หลักการ กฎ หรือทฤษฎี ที่มีอยู่แล้วในเรื่องนั้น ๆ มาช่วยในการสรุป การพยากรณ์เกี่ยวกับตัวเลข ได้แก่ ข้อมูลที่เป็นตาราง หรือกราฟ ทำได้ 2 แบบ คือ การพยากรณ์ภายในขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่กับการพยากรณ์ภายนอกขอบเขตของข้อมูลที่มีอยู่ ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

- 8.1 การพยากรณ์ทั่วไป เช่น
 - ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นจากข้อมูลที่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีที่มีอยู่ได้
- 8.2 การพยากรณ์จากข้อมูลเชิงปริมาณ เช่น
 - ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายในขอบเขตข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้
 - ทำนายผลที่จะเกิดขึ้นภายนอกขอบเขตข้อมูลเชิงปริมาณที่มีอยู่ได้

9. การตั้งสมมติฐาน หมายถึง การคิดหาค่าที่มองล่วงหน้าก่อนจะทำการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้ ประสบการณ์เดิมเป็นพื้นฐาน ค่าที่คิดล่วงหน้านี้ยังไม่ทราบหรือยังไม่เป็นหลักการ กฎ หรือทฤษฎีมาก่อน

สมมติฐาน คือ คำตอบที่คิดไว้ล่วงหน้า มักกล่าวไว้เป็นข้อความที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต้น กับตัวแปรตาม สมมติฐานที่ตั้งขึ้นอาจจะผิดหรือถูกก็ได้ ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ สามารถหาคำตอบล่วงหน้าก่อนการทดลอง โดยอาศัยการสังเกต ความรู้และประสบการณ์เดิม

10. การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การกำหนดความหมายและขอบเขตของคำต่าง ๆ (ที่อยู่ในสมมติฐานที่ต้องการทดลอง) ให้เข้าใจตรงกันและสามารถสังเกตหรือวัดได้ ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ กำหนดความหมายและขอบเขตของคำหรือตัวแปรต่าง ๆ ให้สังเกตและวัดได้

11. การกำหนดและควบคุมตัวแปร หมายถึง การชี้แจงตัวแปรต้น ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ 통제ควบคุมในสมมติฐานหนึ่ง ๆ

ตัวแปรต้น คือ สิ่งที่เป็นสาเหตุทำให้เกิดผลต่าง ๆ หรือสิ่งที่เราต้องการทดลองว่าเป็นสาเหตุที่ก่อให้เกิดผลเช่นนั้นจริงหรือไม่

ตัวแปรตาม คือ สิ่งที่เป็นผลเนื่องมาจากตัวแปรต้น เมื่อตัวแปรต้นหรือสิ่งที่เป็นสาเหตุเปลี่ยนไป ตัวแปรตามหรือสิ่งที่เป็นผลจะเปลี่ยนตามไปด้วย

ตัวแปรที่ 통제ควบคุม คือ สิ่งอื่น ๆ นอกเหนือจากตัวแปรต้นที่มีผลต่อการทดลองด้วย ซึ่งจะต้องควบคุมให้เหมือนกัน มิเช่นนั้นอาจทำให้ผลการทดลองคลาดเคลื่อน ความสามารถที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ ชี้แจงและกำหนดตัวแปรต้น ตัวแปรตามและตัวแปรที่ 통제ควบคุมได้

12. การทดลอง หมายถึง กระบวนการปฏิบัติเพื่อหาคำตอบหรือทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้ใน การทดลอง จะประกอบด้วยกิจกรรม 3 ขั้นตอน คือ

12.1 การออกแบบการทดลอง หมายถึง การวางแผนการทดลองก่อนลงมือทดลองจริง เพื่อกำหนด

- การออกแบบการทดลองโดย

การกำหนดวิธีการทดลองใดถูกต้องเหมาะสม โดยคำนึงถึงตัวแปรต้น
ตัวแปรตาม และตัวแปรที่ควบคุมด้วย

ระบุอุปกรณ์และ/หรือสารเคมีซึ่งจะต้องใช้ในการทดลอง

- ปฏิบัติการทดลองและใช้อุปกรณ์ใดถูกต้องและเหมาะสม
- บันทึกผลการทดลองใดทดลองแล้วและถูกต้อง

13. การตีความหมายและลงข้อสรุป หมายถึง การแปลความหมายหรือบรรยาย
ลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ การตีความหมายข้อมูลในบางครั้งอาจต้องใช้ทักษะ
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์อื่น ๆ ด้วย เช่น การสังเกต การคำนวณ เป็นต้น

การลงข้อสรุป หมายถึง การสรุปความสัมพันธ์ของข้อมูลทั้งหมด ความสามารถ
ที่แสดงว่าเกิดทักษะแล้ว คือ

- แปลความหมาย หรือบรรยายลักษณะและสมบัติของข้อมูลที่มีอยู่ได้

(การตีความหมายข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณ)

- บอกความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่ได้

จากแนวคิดและเอกสารดังกล่าวจะเห็นได้ว่า การสอนวิทยาศาสตร์จะต้องเน้นความรู้
และกระบวนการในการแสวงหาความรู้ไปพร้อม ๆ กัน ดังนั้นในการสอนวิทยาศาสตร์ให้มี
ประสิทธิภาพนั้น จึงขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ คือ ครูจะต้องมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับ
ความหมายของ "วิทยาศาสตร์" เป็นอย่างดี ให้โอกาสแก่นักเรียนได้ปฏิบัติและฝึกฝนความคิด
อย่างมีระบบ เช่น การใช้คำถามกระตุ้นให้คิด การร่วมกันแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ
ในส่วนเนื้อหาวิทยาศาสตร์นั้นมีมากมายเกินกว่าที่จะจำได้หมด และเป็นสิ่งที่เปลี่ยนแปลง
อยู่เสมอไม่มีที่สิ้นสุด ส่วนกระบวนการแสวงหาความรู้เป็นส่วนที่สำคัญยิ่ง เพราะนักเรียน
สามารถที่จะนำไปใช้ในการแสวงหาความรู้ได้ไม่สิ้นสุด ดังนั้นครูจึงต้องตระหนักถึงความสำคัญ
ของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดได้ทำการทดลองด้วย
ตนเอง จนเกิดความคล่องในการปฏิบัติงานทั้งในค่านร่างกายและสติปัญญาในการค้นคว้าหา
ความรู้อย่างถูกต้องตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การสังเกต การวัด

การคำนวณ การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างมิติ การลงความเห็นจากข้อมูล การสื่อความหมายข้อมูล การทำนาย การตั้งสมมติฐาน การให้คำนิยามเชิงปฏิบัติการ การควบคุมตัวแปร การทดลอง และการแปลความหมายข้อมูลและสรุปผล ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจึงเน้นการสอนที่ฝึกทักษะตามแนวทางที่สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีกำหนดขึ้น

4. เอกสารเกี่ยวกับแบบฝึก

ฮาเลส (Haless. ม.ป.ป. : 93 - 94) ได้กล่าวถึงหลักการสร้างแบบฝึกว่าแบบฝึกจะต้องใช้ภาษาให้เหมาะสมกับนักเรียนและควรสร้างโดยอาศัยหลักจิตวิทยาในการแก้ปัญหา และการตอบสนองไวดังนี้

1. สร้างแบบฝึกหลาย ๆ ชนิด เพื่อเร้าให้นักเรียนเกิดความสนใจ
2. แบบฝึกที่สร้างขึ้นนั้นจะต้องให้นักเรียนสามารถพิจารณาได้ว่าต้องการให้นักเรียนทำอะไร

นักเรียนทำอะไร

3. ให้นักเรียนได้นำสิ่งที่เรียนรู้จากการเรียนมาตอบในแบบฝึกให้ตรงตามเป้าหมาย
4. ให้นักเรียนตอบสนองสิ่งที่เราต้องการแสดงความสามารถและความเข้าใจในแบบฝึก

แบบฝึก

5. กำหนดให้ชัดเจนว่าจะให้นักเรียนตอบแบบฝึกแต่ละชนิดแต่ละรูปแบบด้วยวิธีการตอบอย่างไร

สุจริต เพ็ชรขอม และสายใจ อินทร์พรหม (2523 : 52 - 62) กล่าวถึงการสร้างแบบฝึกไว้ว่าต้องยึดหลักหลักการเรียนรู้ทางจิตวิทยา ดังนี้

1. กฎของฮอร์นโคค เกี่ยวกับกฎแห่งการฝึก ซึ่งกล่าวว่าสิ่งใดก็ตามที่มีการฝึกหัดหรือกระทำบ่อย ๆ บ่อยจะทำให้ผู้ฝึกมีความคล่องตัวและสามารถทำได้ดี ในทางตรงกันข้ามสิ่งใดก็ตามที่ไม่ได้รับการฝึกหรือทอดทิ้งไปนานแล้วบ่อยจะทำให้ไม่ได้

2. ความแตกต่างระหว่างบุคคลควรคำนึงว่านักเรียนแต่ละคนมีความรู้ความถนัด ความสามารถ และความสนใจแตกต่างกัน ฉะนั้นในการสร้างแบบฝึกจึงต้องพิจารณาถึงความเหมาะสม คือ ต้องไม่ยากไม่ง่ายจนเกินไป และควรมีหลาย ๆ รูปแบบ

3. การตั้งใจผู้เรียน ควรจัดแบบฝึกจากง่ายไปหายาก เพื่อดึงดูดความสนใจของนักเรียน ซึ่งจะทำให้เกิดผลสำเร็จในการฝึก และช่วยยั่วยุให้อยากฝึกต่อไป

4. ใช้แบบฝึกสั้น ๆ เพื่อไม่ให้เกิดความเบื่อหน่าย

นิตยา ฤทธิโยธี (2520 : 1) กล่าวว่า แบบฝึกที่ดีควรมีลักษณะ ดังนี้

1. เกี่ยวข้องกับบทเรียนที่เรียนมาแล้ว

2. เหมาะสมกับวัยและความสามารถของเด็ก

3. มีคำชี้แจงสั้น ๆ ให้เด็กเข้าใจง่าย

4. ใช้เวลาในการฝึกไม่มากหรือน้อยเกินไป

5. เป็นสิ่งที่น่าสนใจและท้าทายให้อยากแสดงความสามารถ

บัทส์ (Butts. 1974 : 85) ได้กล่าวถึงหลักการสร้างแบบฝึกทางค่าน วิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

1. ก่อนจะสร้างแบบฝึกต้องกำหนดโครงร่างคร่าว ๆ ก่อนว่าจะเขียนแบบฝึกเกี่ยวกับเรื่องอะไร และมีวัตถุประสงค์อย่างไร

2. ศึกษางานทางค่านวิทยาศาสตร์และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่จะทำ

3. เขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและเนื้อหาให้สอดคล้องกัน

4. แจกวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมออกเป็นกิจกรรมย่อย ๆ โดยจะต้องคำนึงถึง

ความเหมาะสมของผู้เรียน

5. กำหนดอุปกรณ์ที่จะใช้ในกิจกรรมแต่ละตอนให้เหมาะสมกับแบบฝึก

6. กำหนดเวลาที่จะใช้ในการฝึกแต่ละตอนให้เหมาะสม

7. ประเมินผลการฝึก

หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมสามัญศึกษา (2529 : 149 - 151) กล่าวถึงความหมายของแบบฝึกหัดเรียนด้วยตนเองว่า คล้ายแบบเรียนสำเร็จรูป เพราะเริ่มต้นด้วยการให้บทเรียนแล้วให้แบบฝึกหัด ต่อจากนั้นจึงเฉลยคำตอบ ลักษณะที่แตกต่างกันคือ แบบฝึกหัดเรียนด้วยตนเองมีแบบฝึกหัดมากกว่าแบบเรียนสำเร็จรูป เพราะมีจุดมุ่งหมายที่จะให้ผู้เรียนได้ทำแบบฝึกหัดเป็นการฝึกทักษะให้มากยิ่งขึ้น

ข้อดีของแบบฝึกหัดเรียนด้วยตนเอง

1. ช่วยให้นักเรียนเรียนด้วยตนเองตามอัตราความสามารถของแต่ละคน
2. ช่วยแก้ปัญหาการขาดแคลนครู
3. ใช้สอนซ่อมเสริมนักเรียนที่เรียนยังไม่ทันเพื่อน
4. ช่วยเพิ่มประสิทธิภาพในการอ่าน
5. ช่วยให้เกิดความเบื่อหน่ายจากการเรียนที่ครูต้องหมั่นทวนซ้ำซาก
6. สอนความแตกต่างระหว่างบุคคล ไม่จำเป็นต้องเรียนให้พร้อมกัน
7. นักเรียนไม่ว่างในกิจกรรม เพราะต้องสร้างปฏิริยาตอบสนองต่อบทเรียน

ทันที

8. นักเรียนตอบผิดไม่มีผู้เบาะแสบีบ
9. นักเรียนไม่ท่องคอยฟังครูสอน
10. ช่วยลดภาระของครูในการสอน
11. ช่วยให้ผู้สอนพบความเข้าใจในการสอน
12. ช่วยประหยัดรายจ่ายกรณีที่มีนักเรียนจำนวนมาก
13. ผู้เรียนจะเรียนเมื่อใดก็ได้ตามความพอใจของตนไม่ต้องรอผู้อื่น
14. การเรียนไม่จำกัดเวลาและสถานที่
15. ส่งเสริมความรับผิดชอบของผู้เรียน

ข้อจำกัดของแบบฝึกหัดเรียนด้วยตนเอง

1. นักเรียนมักดูคำตอบที่เฉลยไว้มาก่อน ทำให้ไม่ได้รับความรู้เท่าที่ควร

2. นักเรียนที่อ่านหนังสือไม่คล่องจะมีปัญหาทำให้การเรียนช้า
 3. นักเรียนบางคนไม่ทราบว่าเนื้อหาตอนไหนของบทเรียนมีความสำคัญควรทำความเข้าใจเป็นพิเศษ เพราะแบบฝึกหัดเรียนด้วยตนเองไม่แน่นหรือยังไม่เหมือนกับการสอนของครู
 4. แบบฝึกหัดเรียนด้วยตนเอง ไม่มีสื่อประกอบ นักเรียนไม่เข้าใจจะเกิดความเบื่อหน่าย และไม่สามารถทำกิจกรรมอื่นนอกจากที่กำหนดไว้ในแบบฝึกหัดเรียนด้วยตนเอง
 5. เนื้อหาแบบฝึกหัดเรียนด้วยตนเองค่อนข้างจำกัด ถ้านักเรียนสงสัยหรือต้องการทราบเนื้อหาจากผู้เขียนใดเขียนไว้ไม่สามารถถามได้
 6. สื่อแบบฝึกหัดเรียนด้วยตนเองส่วนเป็นภาพทางบทเรียนจำเป็นต้องใช้สื่อประกอบแต่ไม่สามารถบรรจุสื่ออื่น ๆ ในแบบฝึกหัดเรียนด้วยตนเอง ผู้เรียนจึงเข้าใจไม่แจ่มแจ้ง
 7. ความรู้ที่ได้จากการเรียนแบบฝึกหัดเรียนด้วยตนเองติดอยู่ในสมองนักเรียนได้ไม่นาน เพราะนักเรียนจะได้สัมผัสเพียงทางเดียว คือ ทางสายตา
หลักในการสร้างแบบฝึกหัดเรียนด้วยตนเอง
1. โยบทเรียนมีหลักคือ
 - 1.1 ศึกษาระบบองค์การการเรียนรู้ แล้วจัดเนื้อหาให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้
 - 1.2 เนื้อหาต้องเหมาะสมกับวัยและความสามารถของเด็ก
 2. ให้แบบฝึกหัดมีหลักคือ
 - 2.1 แบบฝึกหัดนี้ต้องเกี่ยวข้องกับบทเรียนที่เรียนมาแล้ว
 - 2.2 มีคำชี้แจงง่าย ๆ และสั้น ๆ เพื่อให้เด็กเข้าใจ
 - 2.3 เรียงให้เป็นไปตามลำดับขั้นตอนของความยากง่ายเพื่อให้เด็กมีกำลังใจทำ
 - 2.4 แบบฝึกหัดน่าสนใจและท้าทายให้แสดงความสามารถ
 - 2.5 ต้องมีความถูกต้อง ครูจะต้องทบทวนพิจารณาทุกข้อด้วยอย่าให้มีข้อผิดพลาดได้

2.6 เนื่องจากนักเรียนแต่ละคนมีความแตกต่างกัน แบบฝึกหัดที่กำหนดให้นักเรียนเก่ง ปานกลาง อ่อน ควรยากง่ายต่างกัน นั่นคือควรมีแบบฝึกหัดให้มาก ๆ เด็กที่มีความสามารถจะทำได้ง่าย

หลักในการใช้แบบฝึกหัดเรียนด้วยตนเอง

1. ครูชี้แจงวัตถุประสงค์ของสมุดแบบฝึกหัดเรียนด้วยตนเองแก่นักเรียน
2. ครูแจกสมุดแบบฝึกหัดเรียนด้วยตนเอง
3. นักเรียนปฏิบัติตามกิจกรรม ครูให้คำแนะนำเมื่อมีปัญหา
4. ครูสังเกตพฤติกรรมนักเรียนในขณะปฏิบัติงาน
5. ครูตรวจงานที่เสร็จเรียบร้อยแล้ว

จากเอกสาร เกี่ยวกับแบบฝึกหัดดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยมีความเห็นว่าแบบฝึกหัดนั้นจะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ และเป็นการฝึกให้นักเรียนได้ฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้วิจัยนำหลักการสร้างแบบฝึกของบทสรุปมาปรับปรุงและดำเนินการสร้างแบบฝึกครั้งนี้ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้

วาซิลเลส์ (Vasilakes, 1967 : 497 - 502) ได้กล่าวถึงการสอนแบบสืบสวนสอบสวนว่าเป็นการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง จากสถานการณ์หรือกิจกรรมที่กระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดข้อสงสัย หรือปัญหา แล้วใช้การตั้งคำถามต่าง ๆ เพื่อแสวงหาความรู้จากสิ่งที่เผชิญอยู่นั้น โดยลักษณะของคำถามที่ให้มีลักษณะดังนี้

1. คำถามในลักษณะการสังเกต (Observation) คือคำถามเกี่ยวกับ
 - 1.1 การสังเกตคุณภาพของข้อมูล เช่น จักเข้าพวก จักประเภท และชนิดของข้อมูล เป็นต้น
 - 1.2 การหาปริมาณของข้อมูลในแต่ละประเภท การถามเป็นไปเพื่อที่จะได้รู้จักกับข้อมูลที่สังเกตได้ เน้นการจัดข้อมูลในรูปที่ง่ายขึ้น
 - 1.3 คุณสมบัติและธรรมชาติของข้อมูล
 - 1.4 โครงสร้างของข้อมูล
 - 1.5 พฤติกรรมของข้อมูล

ส่วนใหญ่จะเป็นคำถามที่อาศัยการสังเกต คือ ใช้ประสาทสัมผัสซึ่งได้แก่ ตา หู จมูก ลิ้น หรือผิวหนัง รวมทั้งการสรุปอ้างอิงจากประสบการณ์ เพื่อเป็นเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูล รายละเอียดของข้อมูล หรือปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง คำถามแบบนี้มักจะมีคำว่า เหาไร อะไร อย่างไร ที่ไหน อยู่ไหน

2. คำถามในลักษณะการอธิบาย (Explanation) เป็นคำถามที่เกี่ยวกับการอธิบายสิ่งที่พบจากข้อมูลอันลึกซึ้งกว่าการสังเกต ซึ่งมักจะถามเกี่ยวกับ

- 2.1 สาเหตุของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น
- 2.2 ความสัมพันธ์ของข้อมูลในรูปของตัวแปรตามและตัวแปรอิสระ
- 2.3 ความสงสัยหรือสถานการณ์ที่เผชิญหน้าอยู่
- 2.4 ความต้องการคำอธิบายถึงเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น
- 2.5 ทฤษฎี วิธีการ ความคิดเห็นอย่างมีเหตุผล กฎเกณฑ์ต่าง ๆ
- 2.6 ขั้นตอนหรือกระบวนการ ของการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่ซับซ้อน ต้องการ

คำอธิบายที่มีกฎเกณฑ์ช่วยในการตอบคำถาม

- 2.7 คำถามเพื่อเปรียบเทียบกระบวนการ ของการเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ

คำถามที่เกี่ยวกับการอธิบาย มักจะใช้คำว่า ทำไม อะไรเป็นสาเหตุ หรือ ใจอธิบาย เป็นต้น คำถามเช่นนี้จะนำไปสู่การตั้งสมมติฐาน หรือทดสอบต่อไป

3. คำถามในลักษณะการพยากรณ์ (Prediction) คือ คำถามที่ต้องอาศัยข้อมูลจากการสังเกต และการตั้งทฤษฎี กฎเกณฑ์เพื่ออธิบายเป็นพื้นฐาน ซึ่งอาจจะถามได้ดังนี้

3.1 ตามโดยการเปลี่ยนแปลงองค์ประกอบ (ตัวแปร) ของเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่พบว่ามีความสัมพันธ์กัน หลังจากตั้งทฤษฎีขึ้นอธิบายได้แล้ว ถามว่าถ้าเปลี่ยนองค์ประกอบ บางตัวหรือหลายอย่าง เหตุการณ์นั้นจะยังเกิดขึ้นเหมือนเดิมหรือไม่ อย่างไร

- 3.2 ถามในเชิงสมมติฐาน เพื่อทำการทดสอบต่อไป

3.3 ตามถึงแนวโน้มของการเปลี่ยนแปลงเหตุการณ์เมื่อตัวแปรที่เกี่ยวข้องต่าง ๆ เปลี่ยนแปลง

3.4 ตามในรูปการคาดคะเนล่วงหน้า ย้อนหลัง การถึงเป็นการนำเอาทฤษฎีที่พบว่าถูกต้องหรือคาดว่าจะถูกต้องไปทำนายผลในอนาคตต่อไป

คำถามแบบนี้มักจะมีคำว่า คาดว่าจะ...หวังว่าจะ...เมื่อไร...หรือถ้า...แล้ว... อยู่ในประโยคคำถาม

4. คำถามในลักษณะการควบคุมและสร้างสรรค์ หรือการนำไปใช้ประโยชน์ (Control and Creativity or Application) คือ คำถามหรือความคิดที่จะเป็นแนวทางเกี่ยวกับ

4.1 วิธีการนำผลจากข้อมูลเดิมมาใช้ในสถานการณ์ใหม่ โดยนำเอาผลนั้นมาสร้างให้เกิดผลผลิตใหม่ ปรับปรุงและแก้ไขของเดิมให้ดีขึ้น

4.2 การค้นพบประโยชน์จากสิ่งที่คุณพบใหม่

4.3 แนวของความคิดสร้างสรรค์

วิบุตธ วิเชียรโชติ (2521 : 91 - 96) ได้กล่าวลักษณะของคำถามที่ใช้ในการสอนแบบสืบสวนสอบสวนไว้ว่า มีดังนี้

1. คำถามประเภทสังกับแนวทาง (Advanced Conceptual Organizer) มักจะขึ้นต้นและลงท้ายด้วยคำว่า "เกี่ยวข้องกับอย่างไร"

2. คำถามประเภทสังเกต (Observe) มักขึ้นต้นด้วยคำว่า อะไร ใคร อย่างไร ที่ไหน

3. คำถามประเภทอธิบาย (Explain) มักจะขึ้นต้นประโยคด้วยคำว่า ทำไม เพราะเหตุใด อะไรคือสาเหตุ เหตุใด อะไรเป็นเหตุปัจจัย

4. คำถามประเภททำนาย (Predict and Prove) มักขึ้นต้นด้วยคำว่า ถ้า... และลงท้ายด้วยคำว่า ใช่ไหม หรืออะไรจะเกิดขึ้นบ้าง

5. คำถามประเภทควบคุมสร้างสรรค์ (Control and Create) มักจะลงท้ายด้วยคำว่า ได้อย่างไร ได้อย่างไร

คำถามที่ใช้ในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้จำแนกในลักษณะเป็นประเภทคำถาม
ที่นำไปสู่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถจำแนกเป็น 13 ประเภท

สมจิต สวชนไญุลย์ (2526 : 123 - 126) สรุปได้ดังนี้

1. คำถามเกี่ยวกับการสังเกต เช่น "ดอกไม้มีสีลักษณะอย่างไร"
2. คำถามเกี่ยวกับการวัด เช่น "นักเรียนจะวัดความยาวของคันถั่วนี้ได้อย่างไร"
3. คำถามเกี่ยวกับการจำแนกประเภท เช่น "นักเรียนจะเรียงลำดับสัตว์เหล่านี้
จากเล็กสุดไปใหญ่ที่สุดได้อย่างไร"
4. คำถามเกี่ยวกับสเปกตัมสเปสและสเปกตัมเวลา เช่น "ภาพก่อนหินที่
นักเรียนวาดไว้เป็นรูป 2 มิติ หรือ 3 มิติ"
5. คำถามเกี่ยวกับการคำนวณ เช่น "หมู่มีกี่ตัว"
6. คำถามเกี่ยวกับการจัดกระทำข้อมูลและสื่อความหมายข้อมูล เช่น
"ถ้าจะเปลี่ยนข้อมูลที่อยู่ในตารางนี้ให้อยู่ในรูปกราฟจะทำได้อย่างไร"
7. คำถามเกี่ยวกับการลงความคิดเห็นข้อมูล เช่น "น้ำที่อยู่ในแก้วนี้จะเป็นน้ำ
อะไร"
8. คำถามเกี่ยวกับการพยากรณ์ เช่น "น้ำมีความจำเป็นต่อการเจริญเติบโตของ
ต้นไม้ ถ้านักเรียนไม่รดน้ำต้นไม้ ต้นไม้จะเป็นอย่างไร"
9. คำถามเกี่ยวกับการตั้งสมมติฐาน เช่น "ถ้าจะให้อาหารแก่ปลาประมาณ 3 วัน
ปลาจะเป็นอย่างไรไหมขอวิธีทดลองด้วย"
10. คำถามเกี่ยวกับนิยามเชิงปฏิบัติการ เช่น "การเจริญเติบโตของต้นไม้
หมายความว่าอย่างไร"
11. คำถามเกี่ยวกับการกำหนดตัวแปร เช่น "ถ้าจะทดลองว่าปุ๋ยทำให้ต้นไม้
เจริญเติบโตเร็ว จะต้องจัดอะไรให้เหมือนกันบ้าง"
12. คำถามเกี่ยวกับการทดลอง เช่น "นักเรียนทดลองการกลั่นตัวของไอน้ำได้
อย่างไร"

13. คำถามเกี่ยวกับการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุปข้อมูล เช่น "นักเรียนจะสรุปว่าปูและคันไม้เกี่ยวของสัมพันธ์กันอย่างไร โดยพิจารณาจากตารางที่บันทึกไว้จากการทดลอง"

สรุปได้ว่าคำถามที่ใช้ในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มี 2 ประเภท คือ คำถามที่ถามเพื่อนำไปสู่การ เรียนรู้ เนื้อหาค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และคำถามเพื่อนำไปสู่การ เรียนรู้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ซึ่งต้องใช้ควบคู่กันไปในการเรียนการสอน ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยได้ใช้คำถามที่อาศัยหลักการของ วาลิออล เลอฌมาปรับปรุงให้เหมาะสมกับจุดประสงค์ การเรียนรู้และเนื้อหาที่จะใช้ทำการวิจัย

การดำเนินงานเขียนหนังสือประกอบภาพการ์ตูน

ณรงค์ ทองปาน (2526 : 77 - 78) ได้แนะนำการดำเนินงานเขียนหนังสือไว้ ดังนี้

1. เลือกเรื่องและเตรียมวัสดุที่ใช้เขียนไว้ให้พร้อม
2. เขียนลงในกระดาษร่าง แล้วคัดตอนดูว่าจะได้กี่หน้า ภาพประกอบเรื่อง แต่ละหน้าต้องตรงกับความหมายของข้อความเฉพาะในหน้านั้น ๆ
3. ในการวางรูปภาพและตัวอักษร ต้องกะระยะให้พอเหมาะกับหน้ากระดาษ
4. ชีคเส้นบรรทัดสำหรับเขียนตัวอักษร เบา ๆ ส่วนล่างของกระดาษกะให้เขียนตัวอักษร ได้หมดตามที่กำหนดในแต่ละหน้า
5. ใช้ดินสอเขียนเรื่องราวในแต่ละหน้าไว้เบา ๆ ตรงส่วนบนสุดของกระดาษที่ใช้เขียนหนังสือ
6. วาดภาพหรือรูปภาพประกอบ โดยอาศัยเนื้อเรื่องในแต่ละหน้าที่เขียนไว้ด้วย ดินสอเบา ๆ ตามความในข้อ 5
7. เขียนคำบรรยายตามที่ร่างไว้ในแต่ละหน้า พยายามเขียนให้ชัดเจนถูกต้องตามอักขรวิธี ไม่เขียนลวกคล้ายเพราะจะทำให้อ่านยาก และเป็นแบบอย่างในการเขียนที่ไม่ดี

8. ใช้อย่างอย่างอ่อนลมรอยคินสอออกให้หมดทุกแห่ง

9. เขียนภาพปกให้สวยงาม เขียนชื่อเรื่องให้มาอ่าน ถ้าหากไม่รบกวนเกินไป อาจจะเขียนชื่อคน เขียนเรื่อง คณาภาพประกอบด้วยก็ได้ และจัดหน้าปกให้คงตามหลักการจัดทำ

10. เบ็บเซารูปเล่ม ทัดแต่งริมให้เรียบร้อย

จากการประชุมสัมมนาเชิงปฏิบัติการ เรื่อง เทคนิคการสร้างและใช้สื่อเพื่อเสริมความรู้ทางวิทยาศาสตร์ จักโดย สำนักงานปลัดกระทรวงวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยีและการพลังงาน ได้เสนอแนะสิ่งที่ควรรู้เกี่ยวกับการสร้างเรื่อง สร้างภาพการ์ตูนวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

1. เนื้อหาและข้อมูลทางวิทยาศาสตร์สำหรับเขียนเรื่องและสร้างภาพการ์ตูน ได้แก่

1.1 หลักสูตร การศึกษาในแต่ละระดับเป็นเนื้อหาและข้อมูลที่จะเป็นแกนของเรื่อง

1.2 การสร้างเรื่องสร้างภาพทางวิทยาศาสตร์ ต้องให้ภาษาที่เหมาะสม

และพยายามนำคณิตศาสตร์และตรรกวิทยามาอธิบายด้วย

1.3 การเสนอเรื่องและภาพให้ยึดถือหลักความถูกต้องมีเหตุผลอธิบายได้ ตรงไปตรงมาและครบทั้งด้านดีและด้านเสียพร้อม ๆ ไปกับความสนุกสนาน ตื่นเต้น เร้าใจ ให้ติดตาม โดยมีความยาวและความยากง่ายเหมาะสมกับวัยเด็ก

2. เทคนิคการใช้สื่อภาพการ์ตูนสร้างเรื่องวิทยาศาสตร์

2.1 กำหนดตัวละครให้เหมือนชีวิตจริงควรมีเอกลักษณ์ไทย มีบุคลิกที่เด่นเฉพาะตัวและสร้างอารมณ์ให้ตัวละคร แม้ชื่อของตัวละครก็ต้องสื่อความหมายได้

2.2 เลือกภาพและเรื่องให้เหมาะสมกับวัย

2.3 สื่อความหมายให้ง่ายโดยเฉพาะจากเรื่องที่มันชวน การสร้างภาพ มีทั้งตัวการ์ตูนและภาพจริง ภาษามีทั้งภาษาพูดและภาษาเขียน

2.4 ควรให้ผู้ตรวจเรื่อง และเห็นชอบกับแนวการสร้างภาพและคำบรรยาย ก่อนให้นักเรียนเขียนการ์ตูนลงมือเขียน และหากมีการทดสอบเรื่องและภาพบ้างเป็นครั้งคราว จะช่วยปรับปรุงคุณภาพให้เหมาะสมยิ่งขึ้น

2.5 การทูลีรูปแบบในการเสนอไ้หลายอย่าง แบบที่เหมาะสมกับค่าน
วิทยาศาสตร์จะทูลีคำบรรยายประกอมภาพ

ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการสร้างเรื่องและสร้างภาพการทูลีค่านวิทยาศาสตร์ทูลีว่า
ควรนำเนื้อหาและข้อมูลตามหลักสูตรมาสร้างเรื่องในรูปแบบที่มีคำบรรยายประกอมภาพการทูลี
ผู้วิจัยจึงไ้เลือกเนื้อหาเกี่ยวกับ "ประวัตินักวิทยาศาสตร์" ในวิชาวิทยาศาสตร์ระดับมัธยม
ศึกษาตอนต้น มาสร้างภาพการทูลีประกอมคำบรรยายเพื่อไ้ในงานวิจัยครั้งนี้

งานวิจัยที่ไ้เกี่ยวข้องกับการศึกษาคนควา

1. งานวิจัยเกี่ยวกับการแก้ปัญหาวงวิทยาศาสตร์

นางนุช วรธนวาทะ (2514 : 72 - 74) ไ้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างวิธีแก้
ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนประกาศนิยัตริวิชา
การศึกษาชั้นสูง พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหามีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จิตนา ราชรองเมือง (2516 : 76 - 82) ไ้ทำการศึกษาความสัมพันธ์
ระหว่างความคิดแบบสืบสวนสอบสวน วิธีแก้ปัญหและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา
วิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์สัมพันธ์
ทางบวกกับความสามารถในการแก้ปัญหาย่างเชื่อมั่นไ้ 99 เปอร์เซนต์

พิสุทธิ บุญเจริญ (2522 : 1 - 85) ไ้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ความสามารถในการแก้ปัญหเป็นกลุ่มของการสอนด้วยชุดการเรียน การสอนแบบสืบสวนสอบสวน
ตามปกติในวิชาภาษาไทย ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนบ้านทะเลาย อำเภอกันทรารมย์
จังหวัดศรีสะเกษ จำนวน 95 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 49 คน และกลุ่มควบคุม 46 คน
ผลการศึกษาพบว่ากลุ่มที่เรียนจากชุดการเรียนการสอนแบบสืบสวนสอบสวนมีผลสัมฤทธิ์และ
ความสามารถในการแก้ปัญหสูงกว่ากลุ่มที่เรียนจากครูที่สอนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ
ที่ระดับ .05

วรรณดี วรรณศิลป์ (2522 : 1 - 36) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นนักเรียนในสังกัดกรมสามัญศึกษาในเขต กทม. จำนวน 3 โรงเรียนคือ วิทยาลัยวราวม สายน้ำผึ้ง หอวัง จำนวนทั้งหมด 310 คน ผลการศึกษาพบว่าความสามารถในการแก้ปัญหามีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเฉลี่ยตลอดทั้งภาคเรียนสูงและต่ำมีความสามารถในการแก้ปัญหาต่างกัน

พยอม ศันสนี (2524 : 137 - 153) ได้ทำการวิจัยเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการสอนด้วยตำราเรียนวิชาจิตวิทยาการศึกษาในรูปแบบเชิงปัญหากับรูปแบบที่ใช้กันอยู่ทั่วไป ผลการวิจัยพบว่าผู้เรียนที่เรียนด้วยตำราเรียนวิชาจิตวิทยาการศึกษาในรูปแบบเชิงปัญหามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาจิตวิทยาการศึกษาความคิวิจารณ์ญาณ และความสามารถในการแก้ปัญหาเพิ่มขึ้นมากกว่าผู้เรียนที่เรียนด้วยตำราเรียนวิชาจิตวิทยาการศึกษาในรูปแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001 และผู้เรียนที่เรียนด้วยตำราเรียนวิชาจิตวิทยาการศึกษาในรูปแบบเชิงปัญหาและรูปแบบทั่วไป จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาจิตวิทยาการศึกษาความคิวิจารณ์ญาณและความสามารถในการแก้ปัญหาจากการสอบครั้งหลังเพิ่มขึ้นมากกว่าการสอบครั้งแรก อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

วีระ เมืองช้าง (2525 : 49 - 51) ได้ศึกษาหาความสัมพันธ์ระหว่างความคิวิจารณ์ญาณกับการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนจันทร์ประดิษฐารามวิทยาคม กรุงเทพฯ พบว่า ความคิวิจารณ์ญาณมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ไนส์ และมิกเคสัน (พจนต์ แสงเกษ. 2525 : 38 อ้างอิงมาจาก Knight & Mickelson. 1949) ได้เปรียบเทียบการสอน 2 แบบ คือ แบบเน้นปัญหาและแบบเน้นเนื้อหาวิชาว่าแบบใดจะดีกว่ากันในเรื่องการรับรู้ข้อเท็จจริงและการแก้ปัญหา ผลปรากฏว่ากลุ่มเน้นปัญหาก็กว่าในเรื่องวิธีการแก้ปัญหาและดีกว่าในเรื่องการเรียบรู้อข้อเท็จจริง

เมริديث (Meridith. 1962 : 3550 - A) ได้ทำการศึกษาเปรียบเทียบการจัดเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ 2 แบบ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา จำนวน 42 คนเกณฑ์ในการ คัดเลือกกลุ่มตัวอย่างจากเพศ อายุ คะแนนความสามารถในการเรียน คะแนนจากการสอบแก้ปัญหามหาทางวิทยาศาสตร์ แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม กลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองเรียนเนื้อหาวิชาที่จัดโดยคำนึงถึงมโนภาพ (Concept) ของนักเรียน กลุ่มควบคุมเรียนในเนื้อหาตามปกติ พบว่ากลุ่มทดลองมีความสามารถในการแก้ปัญหามหาทางวิทยาศาสตร์มากกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความสามารถในการแก้ปัญหามหาทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์อย่างสูงกับความรู้ที่เกี่ยวกับข้อเท็จจริงและหลักการวิทยาศาสตร์

มาฮาน (Mahan. 1963 : 1097 - A) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการใช้วิธีสอน 2 วิธี คือ การสอนโดยการแก้ปัญห (Problem - Solving) กับการบรรยายประกอบการอภิปราย (Lecture - Discussion) ในการพัฒนาทักษะการแก้ปัญห ทักษะคิด ความสนใจ และการปรับตัว พบว่า

1. ไม่พบความแตกต่างในการพัฒนาทัศนคติทางวิทยาศาสตร์
2. การสอนโดยวิธีแก้ปัญห จะสร้างความงอกงามทางด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การนำไปใช้และทักษะในการแก้ปัญห โดยเฉพาะเด็กที่มีสติปัญญาต่ำ
3. การสอนโดยการแก้ปัญหจะสร้างความสนใจได้ดียิ่ง
4. การสอนโดยการแก้ปัญหจะสร้างความสนใจทางด้านรางวัลแก่เด็กที่มีสติปัญญาต่ำเป็นอย่างดี

5. การสอนโดยวิธีการแก้ปัญห สร้างความงอกงามทางด้าน การปรับตัวและทัศนคติแก่นักเรียนทั้งสองเพศได้เป็นอย่างดี

6. นักเรียนมีความงอกงามด้านความรู้ ทักษะด้านแก้ปัญหและความสนใจด้านวิทยาศาสตร์เกินกว่าที่คาดไว้ โดยเฉพาะอย่างยิ่งเด็กชาย

จอห์นส์ (Johns. 1966 : 994 - 995 - A) ได้ศึกษาผลการเรียนของนักเรียนวิทยาศาสตร์ทั่วไปเกรด 8 จากการใช้วิธีการสอน 2 วิธี โดยแบ่งเป็น 2 กลุ่ม

กลุ่มละ 56 คน ชาย 17 คน หญิง 29 คน ทั้งสองกลุ่มมีความถนัดทางการเรียนและ
ความสามารถในการอ่านพอ ๆ กัน กลุ่มควบคุมได้รับการสอนแบบบรรยาย แบบสาธิตให้มี
ส่วนร่วมในการทดลอง และทำการบ้านตามที่ครูกำหนดให้ กลุ่มทดลองให้เรียนโดยวิธี
แก้ปัญหาด้วยตนเอง มีแต่เพียงเอกสารแนะนำที่ครูแจกให้ ซึ่งจะแนะนำกิจกรรมที่นักเรียน
จะเลือกนำไปปฏิบัติ อันจะก่อให้เกิดความรู้ ข้อเท็จจริง และมีโน้มน้าวด้วยตนเอง
ผลปรากฏว่า กลุ่มทดลองมีความสามารถในการศึกษาเหตุการณ์การแก้ปัญหา ทักษะทฤษฎีวิชา
วิทยาศาสตร์ ทักษะในการเรียนดีกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
แต่กลุ่มควบคุมก็ดีกว่ากลุ่มทดลองในด้านเนื้อหา

เกบริลลี (Gabielli. 1972 : 5650) ได้ศึกษาถึงความสามารถในการ
แก้ปัญหาของนักศึกษาครูในมหาวิทยาลัย ซิราคิวส์ (Syracuse) จำนวน 50 คน โดยแบ่ง
นักศึกษาออกเป็น 3 กลุ่ม ตามความสามารถในการแก้ปัญหา ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถ
ในการแก้ปัญหาของนักศึกษามีความสัมพันธ์ทางบวกกับความรู้ ประสบการณ์ การฝึกหัด
ระดับการศึกษาและประสิทธิภาพในการคิดสื่อสารกับผู้อื่น แต่ความสามารถในการแก้ปัญหา
ไม่มีค่าความสัมพันธ์กับทัศนคติการศึกษาทั่วไป

นอร์ทตัน (Norton. 1972 : 204 - A) ได้ศึกษาความสามารถในการ
แก้ปัญหาในวิชาวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 4, 5, 6 จำนวน 25 คน
โดยคัดเลือกจากโรงเรียนต่าง ๆ หลายโรงเรียนในเมืองออสติน (Austin) รัฐเท็กซัส
ที่ระดับ I.O. 80 - 147, I.O. เฉลี่ย 116 ความเบี่ยงเบนมาตรฐาน 12.4
อายุเฉลี่ย 127.2 เดือน ในการศึกษาครั้งนี้ความสามารถในการแก้ปัญหาพิจารณาจากคะแนน
ที่ได้จากแบบทดสอบการแก้ปัญหาซึ่งแบ่งออกเป็น 5 ตอน คือ

1. นิเทศเข้าสู่ปัญหาหรือทำความเข้าใจกับปัญหา
2. ชี้แจงปัญหาหรือกำหนดปัญหา
3. การแก้ปัญหา หาคำตอบ หรือหาวิธีการแก้ปัญหา
4. การวิเคราะห์ข้อมูล
5. พิสูจน์ปัญหา

ผลปรากฏว่า ความสามารถในการแก้ปัญหามีความสัมพันธ์กับความรู้ของนักเรียนที่มีอยู่ก่อนแล้ว ซาร์อานี (Saarni. 1973 : 338 - 345) ได้ศึกษากลุ่มตัวอย่างที่เป็นวัยรุ่น พบว่า เด็กที่พัฒนาการทางสติปัญญาตามทฤษฎี ของ เพียเจต์ ถึงขั้นปฏิบัติการด้วยนามธรรม (Stage of Formal Operation) มีนัยสำคัญในการทำนายงานการแก้ปัญหานั้นจะต้อง คิดค้นหาวิธีที่จะแก้ปัญหานั้น ๆ ให้ลุล่วงไปด้วยดี ซึ่งจะต้องมีการคิดและจัดระเบียบวิธีการ เป็นไปตามลำดับขั้น งานการแก้ปัญหานั้นจึงจะสำเร็จลุล่วงไปด้วยดี ดังนั้น การแก้ปัญหาคือ ทักษะที่ต้องอาศัยความสามารถทางสติปัญญาช่วย

ชอว์ (Shaw. 1977 : 5227 - A) ได้ศึกษาถึงวิธีการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการแก้ปัญหที่สามารถส่งผลมาถึงทักษะการแก้ปัญหในวิชาวิทยาศาสตร์ และสังคมศึกษา ในการศึกษารั้งนี้ ชอว์กำหนดให้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็นทักษะการแก้ปัญห ใ้แบ่งกลุ่มเป็น 2 กลุ่ม ดังนี้

1. กลุ่มทดลอง ใช้วิธีฝึกกระบวนการแก้ปัญหทางวิทยาศาสตร์ 24 สัปดาห์
2. กลุ่มควบคุมไม่ให้ฝึก

เมื่อครบ 24 สัปดาห์ นำเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์และสังคมศึกษามาใช้ทดสอบ ผลปรากฏว่า

1. กลุ่มทดลองมีคะแนนสูงด้านทักษะการแก้ปัญหทางวิทยาศาสตร์และสังคมศึกษา อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เป็นการแสดงว่าทักษะการแก้ปัญหสามารถสอนได้โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการเหล่านั้นจะถ่ายทอดไปยังเนื้อหาวิชาสังคมศึกษาได้

2. ไม่พบความแตกต่างในความสามารถพื้นฐาน คือ ด้านความรู้

3. กลุ่มทดลองได้คะแนนการจำแนกประเภทสูงในวิชาสังคมศึกษา

จากงานวิจัยดังกล่าวจึงพอสรุปได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหามีความสัมพันธ์กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์และความคิดสร้างสรรค์ นอกจากนี้ยังสามารถฝึกนักเรียนให้มีความสามารถในการแก้ปัญหาคือโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

2. งานวิจัยเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

น้อยทิพย์ ศัสตราศาสตร์ (2521 : - 62) ได้ทำการศึกษาความสัมพันธ์ของทักษะวิทยาศาสตร์ขั้นมูลฐาน ความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสังกัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 300 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลคือ แบบทดสอบซึ่งมีทั้งหมด 3 ชุด ได้แก่ แบบสอบทักษะวิทยาศาสตร์ขั้นมูลฐาน แบบสอบแก้ปัญหา และแบบสอบผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า

1. ทักษะวิทยาศาสตร์ขั้นมูลฐานมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
2. ทักษะวิทยาศาสตร์ขั้นมูลฐานมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
3. ทักษะวิทยาศาสตร์ขั้นมูลฐานมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการแก้ปัญหาโดยไม่ขึ้นกับตัวแปรผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์และมีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์โดยไม่ขึ้นกับตัวแปรความสามารถในการแก้ปัญหาและคะแนนทักษะวิทยาศาสตร์ขั้นมูลฐาน สามารถพยากรณ์คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาและคะแนนผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์ได้

รุจี โรจนประศาสน์ (2523 : 47 - 48) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 640 คน โดยใช้แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบสอบถามทักษะทางวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยปรากฏว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันทางบวก และกลุ่มนักเรียนที่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มนักเรียนที่มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่ำ

ณล หลีกภัย (2524 : 68) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรก ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 192 คน ผลการวิจัยพบว่าความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์มีความสัมพันธ์กันในทางบวกอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

พิระศักดิ์ ไพศาลนันท์ (2525 : 46 - 47) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างชั้นสติปัญญาการเรียนรูตามทฤษฎีเพียเจต์กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ชั้นสมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า สติปัญญาการเรียนรูตามทฤษฎีของเพียเจต์กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

เชาวนี อะยะวงศ์ (2526 : 1 - 63) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยแบบเรียนสำเร็จรูปและด้วยครูฝึกกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร จำนวน 60 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลองที่ฝึกโดยใบ้แบบเรียนสำเร็จรูป จำนวน 30 คน และกลุ่มควบคุมที่ฝึกโดยครู จำนวน 30 คน ใช้เวลาทดลอง 12 คาบ ผลการทดลองพบว่า การฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยแบบเรียนสำเร็จรูปกับด้วยครูฝึกให้ผลสัมฤทธิ์ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

วิกเคน (Widdon. 1973 : 186 - A) ได้ศึกษานผลของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (SAPA : Science A Process Approach) โดยทดลองศึกษากับครู 26 คน นักเรียน 555 คน โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่าง 2 พวก คือ กลุ่มทดลองครูจะสอนตามหลักสูตร SAPA และครูที่สอนจะได้รับการอบรมเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มควบคุมครูจะสอนตามหลักสูตรเดิมโดยไม่ได้รับการอบรมเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการศึกษาพบว่า กลุ่มทดลองมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดีกว่ากลุ่มควบคุม และครูที่ได้รับการอบรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มีทักษะกระบวนการดีขึ้น

เกเบิล และรับบ้า (Gable and Rubba. 1977 : 503 - 511)

ได้วิจัยเกี่ยวกับผลของการสอนและประสบการณ์ฝึกสอนที่มีต่อความสามารถในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยศึกษากับนักศึกษาครูแผนกวิชาประถมศึกษา ในมหาวิทยาลัยอินเดียนา จำนวน 58 คน พบว่า นักศึกษาครูแผนกวิชาประถมศึกษาที่ได้รับการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในห้องปฏิบัติการเพิ่มเติม จะมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ในทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าผู้ที่ไม่ได้รับการฝึกเพิ่มเติม

สตีเวน และเอทวูด (Steven and Atwood. 1978 : 303 - 308)

ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างคะแนนความสนใจในวิชาวิทยาศาสตร์กับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนเกรด 7 จำนวน 345 คน เกรด 8 จำนวน 196 คน และเกรด 9 จำนวน 529 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความสนใจในวิชาวิทยาศาสตร์ จากผลการทดสอบค่าความแตกต่างของคะแนนก่อนสอนและหลังการสอนของแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดความสนใจในวิชาวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนทั้ง 3 ระดับมีคะแนนการทดสอบ 2 ครั้ง แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

จากงานวิจัยดังกล่าวจะเห็นได้ว่า ผลของการสอนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามปกตินั้น นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนทั้งแตกต่างกันและไม่แตกต่างกัน นอกจากนี้ยังพบด้วยว่า ยังมีงานวิจัยที่สรุปถึงผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สอนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าการสอนตามปกติ ดังนั้น ผู้วิจัยจึงเห็นสมควรนำ การสอนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์มาพัฒนาการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์

3. งานวิจัยเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

สัญญา หิพย์เสนา (2517 : 55 - 56) ได้ศึกษาเปรียบเทียบผลการสอนแบบสืบสวนสอบสวน โดยเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานกับการสอนแบบเพิ่ม โดยการทดลองสอนกับนักศึกษาครูระดับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาชั้นปีที่ 1 จำนวน 67 คน

โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง จำนวน 34 คน ใช้วิธีสอนแบบสืบสวน
 สอนสวน กลุ่มควบคุม จำนวน 33 คน ใช้วิธีสอนแบบเดิม ผลปรากฏว่า นักเรียนทั้ง
 สองกลุ่มมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานไม่แตกต่างกัน และกลุ่มทดลองมี
 ผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุม

อุทัย ชีวชนรักษ์ (2517 : 40 - 41) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการสอนแบบสืบสวน
 สอนสวน โดยเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงกับการสอนแบบเดิม โดยทดลอง
 สอนแก่นักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ระดับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาปีที่ 1 จำนวน 67 คน แบ่งเป็นกลุ่ม
 ทดลอง 34 คน ใช้วิธีสอนแบบสืบสวนสอนสวน กลุ่มควบคุม 33 คน ใช้วิธีสอนแบบเดิม
 ผลปรากฏว่านักเรียนทั้งสองกลุ่มมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงไม่แตกต่างกัน
 และกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุม นอกจากนี้ยัง
 พบว่าทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงภายหลังการสอน
 สูงกว่าก่อนทำการสอน

สุมาลี พิศารากุล (2518 : 45 - 46) ได้ศึกษาค้นคว้าแบบของถึยารวมทาง
 วาจาและทักขณและนักเรียนของแฟรนเคอร์ ที่จะส่งผลต่อการเรียนรู้อัตนะเชิงซ้อนของ
 กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยทดลองกับนักศึกษาคณะศึกษาศาสตร์ชั้นปีที่ 1 ระดับ
 ประกาศนียบัตรวิชาการศึกษา โดยแบ่งกลุ่มตัวอย่างเป็น 3 กลุ่ม แต่ละกลุ่มใช้อัตราส่วน
 ระหว่างอิทธิพลทางอ้อมต่ออิทธิพลทางตรงต่างกัน ผลการศึกษาพบว่าเพศชายและเพศหญิง
 ของกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการ เรียนอัตนะเชิงซ้อนของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไม่
 แตกต่างกันในระดับนัยสำคัญทางสถิติ

บุญฤทธิ์ ศิริอาชากุล (2522 : 1 - 55) ได้ทำการวิจัยเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์
 ทางกร เรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1
 กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 ในเขตการศึกษา 6 กลุ่มตัวอย่างประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้
 คือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวนชั้นละ 713 คน จากโรงเรียน
 8 โรงเรียน ซึ่งสุ่มจากโรงเรียนรัฐบาลสังกัดกรมสามัญศึกษาในเขตการศึกษา 6 ผลการ
 วิจัยสรุปได้ว่ามีข้อค้นพบที่ปฏิเสธสมมติฐานของการวิจัยทั้ง 2 ข้อ คือ

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่กว่าชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่กว่าชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

กิ่งฟ้า สีนุวงศ์ (2525 : 1 - 119) ได้ทำการศึกษาค้นคว้าของการเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในเขตการศึกษา 9, 10, 11 กลุ่มตัวอย่างได้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 2, 401 คน จากโรงเรียน 14 โรงเรียน และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 2,646 คน จากโรงเรียน 14 โรงเรียน โดยมีจุดประสงค์ของการวิจัยเพื่อตอบคำถามต่อไปนี้

1. นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลายมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันหรือไม่

2. นักเรียนระดับมัธยมศึกษาที่มาจากโรงเรียนในเขตอำเภอเมืองจะทำคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้ดีกว่านักเรียนระดับเดียวกันที่มาจากโรงเรียนนอกเขตอำเภอเมืองหรือไม่ ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

2.1 นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ของทุกโรงเรียนทำคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ทั้งขั้นพื้นฐานและขั้นบูรณาการ ได้สูงกว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1

2.2 นักเรียนทั้งสองระดับชั้น จากโรงเรียนที่อยู่ในเขตอำเภอเมืองทำคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้สูงกว่านักเรียนทั้งสองระดับชั้น จากโรงเรียนที่อยู่นอกเขตอำเภอเมือง

2.3 ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการมีความยากสูงกว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน

กอสักดิ์ ศรีน้อย (2527 : 1 - 93) ได้ศึกษาการใช้คำถามที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่มีผลต่อความศึกษาร่างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ โดยเปรียบเทียบกับการสอนโดยใช้คำถามตามแผนการสอน สสวท. กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนคอนเมืองจตุรจินดา กรุงเทพมหานคร จำนวน 105 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 2 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 สอนโดยใช้คำถามเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน กลุ่มที่ 2 สอนโดยใช้คำถามเน้นทักษะกระบวนการขั้นบูรณาการ และกลุ่มควบคุม 1 กลุ่ม สอนโดยใช้คำถามตามแผนการสอนของ สสวท. ผลการทดลองพบว่า ความศึกษาร่างสรรค์ก่อนและหลังการเรียนของกลุ่มทดลองทั้งสองกลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และความศึกษาร่างสรรค์ของกลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากแนวคิดและเอกสารดังกล่าวจะเห็นได้ว่า การสอนวิทยาศาสตร์จะตอกเน้นความรู้ และกระบวนการในการแสวงหาความรู้ไปพร้อม ๆ กัน ดังนั้น ในการสอนวิทยาศาสตร์ให้มีประสิทธิภาพนั้น จึงขึ้นอยู่กับองค์ประกอบที่สำคัญ คือ ครูจะต้องมีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับความหมายของ "วิทยาศาสตร์" เป็นอย่างดี ให้โอกาสแก่นักเรียนได้ปฏิบัติและฝึกฝนความคิดอย่างมีระบบ เช่น การใช้คำถามกระตุ้นให้คิด การร่วมกันแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ในส่วนเนื้อหาวิทยาศาสตร์นั้นมีความเกินกว่าที่จะจำได้หมด และเป็นสิ่งที่เปลี่ยนแปลงอยู่เสมอไม่มีที่สิ้นสุด กระบวนการแสวงหาความรู้เป็นส่วนที่สำคัญยิ่ง เพราะนักเรียนสามารถที่จะนำไปใช้ในการแสวงหาความรู้ได้ไม่สิ้นสุด ดังนั้น ครูจึงต้องตระหนักถึงความสำคัญของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดได้ทำการทดลองด้วยตนเอง จนเกิดความคล่องในการปฏิบัติงานทั้งในค่านร่างกายและสติปัญญาในการค้นคว้าหาความรู้ อย่างถูกต้องตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการสังเกต การวัด การคำนวณ การจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์ระหว่างสเปกกับสเปสและสเปสกับเวลา การลงความเห็นจากข้อมูล การสื่อความหมายข้อมูล การทำนาย การตั้งสมมติฐาน การให้คำนิยามเชิงปฏิบัติการ การควบคุมตัวแปร การทดลอง และการแปลความหมายข้อมูลและสรุปผล

4. งานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของ สสวท.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีได้ร่วมมือกับสมาคมระหว่างชาติ เพื่อประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (IEA) ดำเนินการวิจัยเพื่อประเมินผลวิชา วิทยาศาสตร์ร่วมกับนานาชาติ (2521 - 2531) เพื่อศึกษาลักษณะในวิชาวิทยาศาสตร์ ทั้งด้านความรู้ ความคิด ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 พบว่า นักเรียนทำคะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ได้ ประมาณ 55 เปอร์เซนต์

ผลการวิจัยและประเมินหลักสูตรและการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ระดับ มัธยมศึกษาของไทย เมื่อศึกษาโดยใช้เครื่องมือระดับนานาชาติ สรุปได้ว่าหลักสูตรวิชา วิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาที่ใช้อยู่ในประเทศไทยขณะนี้ โดยเฉพาะหลักสูตรวิชาเคมี และฟิสิกส์ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายแม้มีความบรรจุเนื้อหาต่าง ๆ ไว้ครบถ้วนตามรายการ ครบถ้วนขาดไปเพียงรายการเดียว และกำหนดให้น้ำหนักในการเรียนการสอนตามหลักสูตร แทบทุกหัวข้อ หลักสูตรวิทยาศาสตร์ทั่วไประดับมัธยมศึกษาตอนต้นบรรจุเนื้อหาไว้ครอบคลุม ประมาณร้อยละ 64 ของขอบข่ายเนื้อหาวิชาทั้งหมด และในการเรียนการสอนตามหลักสูตร เน้นค่อนข้างมากสำหรับทุกหัวข้อที่มี ส่วนหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพนั้น ครอบคลุมเนื้อหาประมาณร้อยละ 60 ของขอบข่ายเนื้อหาวิชาทั้งหมด แต่ไม่เน้นในการเรียน การสอนมากนัก สำหรับในเรื่องของพฤติกรรมวิทยาศาสตร์นั้นทุกหลักสูตรได้บรรจุไว้ครบถ้วน ทุกรายการและเน้นให้ความสำคัญค่อนข้างมากในการเรียนการสอน

สมมติฐานในการศึกษาครั้งนี้ว่า

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ กับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกัน

2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกัน
3. ทักษะการตั้งสมมติฐานของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกัน
4. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกัน
5. ทักษะการกำหนดและความคุ้มค่าแปรของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกัน
6. ทักษะการทดลองของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกัน
7. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกัน

วิธีดำเนินการศึกษาค้นคว้า

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการเป็นขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาประชากรและทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง
2. กำหนดเนื้อหาและระยะเวลาในการทดลอง
3. สร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง
4. กำหนดแบบแผนการทดลองและดำเนินการทดลอง
5. กำหนดสถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ศึกษาประชากรและทำการสุ่มกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย
เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2531 จำนวน 200 คน
กลุ่มตัวอย่างได้มาจากการสุ่มกลุ่มประชากร โดยการสุ่มอย่างง่าย (Simple
Random Sampling) จำนวน 100 คน แล้วสุ่มแบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
กลุ่มละ 50 คน กลุ่มทดลองสอนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มควบคุมสอนตาม
คู่มือครู

กำหนดเนื้อหาและระยะเวลาในการทดลอง

เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษาค้นคว้า เป็นเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องภาวะแวดล้อม
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ตามหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ของสอานัสนส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์
และเทคโนโลยี

ระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาครั้งนี้ กระทำในปีการศึกษา 2531 ภาคเรียนที่ 2 โดยกำหนดเวลาทำการทดลองทั้งกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง กลุ่มละ 16 คาบ

สร้างและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองประกอบด้วย

1. คู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
2. แผนการสอนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
4. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1. คู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่องภาวะแวดล้อม สำหรับใช้สอนในกลุ่มทดลอง ดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้ คือ

1.1 ศึกษาหลักสูตรจากคู่มือครู แบบเรียน วิเคราะห์เพื่อกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้

1.2 ศึกษากระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ทำการวิเคราะห์ปรับปรุงโครงสร้างกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ตามแนวทางการแก้ปัญหาของ แอตกินสัน (Atkinson. 1961 : 625) มีขั้นตอนดังนี้

1.2.1 ระบุปัญหา

1.2.2 เสนอแนวทาง

1.2.3 วางแผนการทดลอง

1.2.4 สรุปผล

1.2.5 นำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่

1.3 ศึกษาการสร้างแบบฝึกทางวิทยาศาสตร์ของบัลท์ (Butts. 1974 : 85) มีรายละเอียดดังนี้

1.3.1 กำหนดโครงสร้าง วัตถุประสงค์

1.3.2 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้อง

1.3.3 เขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม

1.3.4 กำหนดอุปกรณ์

1.3.5 กำหนดระยะเวลา

1.3.6 การประเมินผล

1.4 ศึกษาการใช้คำถามในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ของ วาซิลเลส์ (Vasilakes, 1967 : 497 - 502) มีลักษณะคำถามดังนี้

1.4.1 คำถามในลักษณะการสังเกต

1.4.2 คำถามในลักษณะการอธิบาย

1.4.3 คำถามในลักษณะการพยากรณ์

1.4.4 คำถามในลักษณะความคุ้นเคยและสร้างสรรค์

1.5 การดำเนินการสร้างคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 1 วิเคราะห์งานของนักวิทยาศาสตร์ตามกระบวนการของแอคคินสัน 4 ความ มีขั้นตอน คือ

1. คัดเลือกนักวิทยาศาสตร์ โดยวิเคราะห์จากหลักฐานเกี่ยวกับ นักวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนควรรู้จัก ทำการคัดเลือกโดยวิเคราะห์ร่วมกับอาจารย์ผู้สอนวิชา วิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น 6 ท่าน เพื่อทำการคัดเลือกนักวิทยาศาสตร์ จำนวน 4 ท่าน

2. ศึกษาประวัติและผลงานของนักวิทยาศาสตร์แต่ละท่านจากเอกสารและ ตำราที่เกี่ยวข้อง

3. เขียนประวัติและผลงานของนักวิทยาศาสตร์ในลักษณะของการบูรณาการ คำบรรยาย สร้างคำถามประกอบเพื่อเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนคิดและหาคำตอบเพื่อนำไปสู่ ขั้นตอนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 2 ปฏิบัติการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

1. วิเคราะห์หลักสูตร วางแผนการสร้างโดยศึกษาแบบเรียน และคู่มือครูวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

2. เขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมออกเป็นกิจกรรมย่อย ๆ

3. กำหนดอุปกรณ์ที่จะใช้ในแต่ละกิจกรรม

4. กำหนดระยะเวลาในการสอนแต่ละหน่วยการเรียนรู้ให้เหมาะสมกับเนื้อหาในการทดลอง

5. จัดสร้างสถานการณ์ มีคำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดแนวคิด และนำไปสู่การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

1.6 นำคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่จัดทำเป็นรูปเล่มแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบ แล้วปรับปรุงแก้ไข

1.7 นำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ยังไม่เคยเรียนเนื้อหา และไม่ให้แก่นักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาข้อบกพร่องแล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขเพื่อใช้ในงานวิจัยต่อไป

2. แผนการสอนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

2.1 การวางแผนจัดสร้างแผนการสอน ดำเนินการดังนี้

2.1.1 ศึกษาแบบเรียนและคู่มือครู

2.1.2 เขียนวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมโดยคำนึงถึงความเหมาะสมของผู้เรียน เนื้อหา และจุดประสงค์ของหลักสูตร

2.1.3 กำหนดระยะเวลาในการสอนแต่ละขั้นตอน โดยวิเคราะห์ร่วมกับครูสอนวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 3 ท่าน

2.2 ดำเนินการจัดสร้างแผนการสอน

ตอนที่ 1 สอนให้นักเรียนรู้จักกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนคือ

1. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ตามขั้นตอนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงมาจากแอดคินสัน

2. นักเรียนศึกษารายละเอียดประวัติและผลงานของนักวิทยาศาสตร์ และทำการวิเคราะห์การทำงานตามรายละเอียดและคำถามในคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 2 ให้นักเรียนปฏิบัติการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

1. นักเรียนฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ตามขั้นตอนที่ศึกษาจาก ตอนที่ 1 ตามสถานการณ์ คำถามและอุปกรณ์ที่กำหนดให้ในคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

2. ครูและนักเรียนนำความรู้จากการปฏิบัติการแก้ปัญหาทาง วิทยาศาสตร์มาร่วมกันอภิปราย สรุปผล และนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่

2.3 จัดสร้างแผนการสอน แล้วให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเพื่อแก้ไขปรับปรุง

2.4 นำแผนการสอนให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบและปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลอง ใช้นักเรียน จำนวน 1 ห้องเรียน เพื่อหาข้อบกพร่องเพื่อปรับปรุงแก้ไขอีกครั้งหนึ่ง แล้วนำไปใช้ในงานวิจัยต่อไป

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่องภาวะแวดล้อม มีขั้นตอนดังนี้

3.1 ศึกษาวิธีการสร้างข้อสอบจากเอกสาร ตำรา

3.1.1 การวัดผลการศึกษาและการเขียนข้อสอบของ ชาวด แพทย์กุล (2522 : 1 - 407)

3.1.2 หลักการวัดผลการศึกษาของ พิศร ทองชั้น (2524 : 29 - 75)

3.1.3 ทฤษฎีการวัดและการทดสอบของ อนันต์ ศรีโสภณ (2522 : 213 - 247)

3.1.4 การประเมินในชั้นเรียนของ โกวิท ประวาลพฤษย์ (2523 : 60 - 72)

3.2 ทำการวิเคราะห์หลักสูตรจากเนื้อหาที่จะทดลอง โดยผู้วิจัยร่วมกับครู บัณฑิตวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 10 ท่าน เป็นผู้วิเคราะห์

3.3 สร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ตาม
พฤติกรรมที่ทองการวัดในตารางวิเคราะห์หลักสูตร เป็นแบบปรนัย 5 ตัวเลือก จำนวน 100 ข้อ

3.4 นำแบบทดสอบไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องตามคุณลักษณะของ
ข้อสอบ และความสอดคล้องของข้อสอบกับพฤติกรรมที่จะวัด

3.5 นำแบบทดสอบที่สร้างขึ้นไปทดสอบกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
โรงเรียนสวนกุหลาบวิทยาลัย เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร ซึ่งเรียนเนื้อหาที่ทดลองสอน
มาแล้ว เป็นนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง จำนวน 100 คน เพื่อหาคุณภาพของแบบทดสอบ

3.5.1 นำกระดาษคำตอบที่ได้มาตรวจคะแนน โดยข้อที่ถูกให้ 1 คะแนน
ข้อที่ตอบผิดหรือไม่ตอบให้ 0 คะแนน

3.5.2 นำคะแนนมาวิเคราะห์หาอำนาจจำแนก (Discrimination)
และค่าความยากง่าย (Difficulty) เป็นรายข้อโดยใช้เทคนิค 27% จากตาราง
จุด เท ฟ่าน (ส่วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2528 : 180 - 188) แล้วคัดเลือก
และปรับปรุงแบบทดสอบโดยเลือกข้อที่มีความยากง่ายอยู่ระหว่าง .20 - .80 และค่าอำนาจ
จำแนกตั้งแต่ .20 ขึ้นไป จำนวน 50 ข้อ

3.5.3 นำข้อสอบที่คัดเลือกและปรับปรุงแล้วจากข้อ 3.5.2 ไปทดลอง
กับนักเรียนอีกครั้งหนึ่ง หาค่าความเชื่อมั่นของข้อทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สูตร KR - 20
(ส่วน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2528 : 168 - 170) ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.66

4. แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

ผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามลำดับขั้นตอนดังนี้

4.1 ศึกษาความหมาย ขอบเขตและวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมของทักษะ
ทั้ง 13 ทักษะ คือ การสังเกต การวัด การจัดจำแนกประเภท การหาความสัมพันธ์
ระหว่างสเปกกับสเปส และสเปกกับเวลา การจักรกระทำและสื่อความหมายข้อมูล การคำนวณ
การลงความคิดเห็นจากข้อมูล การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ
การทดลอง การออกแบบและควบคุมตัวแปร การตีความหมายจากข้อมูล และการลงข้อสรุป

จากเอกสารงานวิจัยและหนังสือ Science - A Process Approach, Commentary for Teacher ของ AAAS (AAAS. 1970 : 33 - 176) และของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท. 2526 : 59)

4.2 สร้างแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบเลือกตอบ ชนิด 5 ตัวเลือก จำนวน 150 ข้อ โดยสร้างแบบทดสอบวัดทักษะจำนวน 5 ทักษะ ประกอบด้วย ทักษะการตั้งสมมติฐาน การกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ การออกแบบควบคุม ตัวแปร การทดลอง และการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ทักษะละ 30 ข้อ

4.3 นำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบ เพื่อแก้ไขปรับปรุงข้อบกพร่อง

4.4 นำแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปทดสอบกับนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนสุรธรรมวิทยาคม เขตบางกอกน้อย โรงเรียนศึกษานารี เขตคลองสาน โรงเรียนวัดราชบพิธ เขตพระนคร โรงเรียนเทพศิรินทร์ เขตป้อมปราบฯ โรงเรียนละ 50 คน รวมนักเรียนที่ทำแบบทดสอบ 200 คน

4.5 นำแบบทดสอบที่นักเรียนทำแล้วมาตรวจให้คะแนนแต่ละข้อ ถ้านักเรียนตอบถูกจะได้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือเว้นไว้ไม่ตอบจะได้ 0 คะแนน นำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาค่าความยากง่าย และหาค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบเป็นรายข้อโดยใช้ตารางสำเร็จรูปของ จุง เท ฟาน (Chung Teh Fan. 1952 : 6 - 32) แล้วเลือกข้อสอบที่มีคุณภาพตามเกณฑ์คือ มีค่าความยากง่ายระหว่าง .20 - .80 และค่าอำนาจจำแนก .20 ขึ้นไป ไว้จำนวน 75 ข้อ ทักษะละ 15 ข้อ หลังจากนั้นนำแบบทดสอบที่คัดเลือกได้มาหาค่าความเชื่อมั่นแบบ KR - 20 (ลวน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2528 : 168 - 170) ได้ค่าความเชื่อมั่น 0.56

กำหนดแบบแผนการทดลองและดำเนินการทดลอง

การศึกษาค้นคว้าครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัย Randomized Control - Group Pretest - Posttest Design (ฉาน สายยศ และอังคณา สายยศ. 2528 : 216)

ตาราง 1 แบบแผนของการทดลอง

กลุ่ม	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
ER	T ₁	X	T ₂
CR	T ₁	-	T ₂

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

- R คือ การกำหนดกลุ่มตัวอย่างแบบสุ่ม
- C คือ กลุ่มควบคุม
- E คือ กลุ่มทดลอง
- T₁ คือ การทดสอบก่อนเรียน
- T₂ คือ การทดสอบหลังเรียน
- X คือ การสอนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

การวิเคราะห์ข้อมูลและสถิติที่ใช้วิเคราะห์ข้อมูล

ตอนที่ 1 การหาคุณภาพเครื่องมือ

1. หาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา
วิทยาศาสตร์ แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ คำนวณจากสูตรของ
คูเกอร์ - ริชาร์ดสัน (KR - 20) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ.
2518 : 168)

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

เมื่อ r_{tt} แทน ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบ
 n แทน จำนวนข้อของเครื่องมือนัก
 p แทน สัดส่วนของผู้ที่ทำได้ในข้อหนึ่ง ๆ
 $q = \frac{\text{จำนวนคนที่ทำถูก}}{\text{จำนวนคนทั้งหมด}}$
 q แทน สัดส่วนของผู้ที่ทำผิดในข้อหนึ่ง ๆ
 $= 1 - p$

s_t^2 แทน คะแนนความแปรปรวนของเครื่องมือนั้น

2. หาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้เทคนิค 27 % ของ
จุง เกห์ฟาน (Chung Teh Fan. 1952 : 3 - 52)

ตอนที่ 2 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อทดสอบสมมติฐาน

ทดลองสมมติฐานข้อ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์รวม และในแต่ละทักษะ ระหว่างกลุ่มทดลองและควบคุมโดยใช้วิธีการทางสถิติแบบ t - test ในรูป Difference Scores (Scott. 1964 : 264)

$$t = \frac{MD_1 - MD_2}{\sqrt{\frac{S_D^2}{n_1} + \frac{S_D^2}{n_2}}} \quad ; \quad df = n_1 + n_2 - 2$$

เมื่อ t แทน ค่าอัตราส่วนนัยสำคัญทางสถิติที่ใช้พิจารณา
 MD_1 แทน คะแนนเฉลี่ยของผลต่างของคะแนนสอบก่อนและหลังการทดลอง
 MD_2 แทน คะแนนเฉลี่ยของผลต่างของคะแนนสอบก่อนและหลังการทดลองของกลุ่มควบคุม

$$S_D = \frac{\sum [D_1 - MD_1]^2 + \sum [D_2 - MD_2]^2}{n_1 + n_2 - 2}$$

D_1 แทน ความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนและหลังการทดลองแต่ละคู่ในกลุ่มทดลอง
 D_2 แทน ความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนและหลังการทดลองแต่ละคู่ในกลุ่มควบคุม
 n_1 แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มทดลอง
 n_2 แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มควบคุม

- 2.1.1 แผนการสอนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
- 2.1.2 แผนการสอนตามคู่มือครู
- 2.2 คู่มือแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
- 2.3 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
- 2.4 แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- 3. วิธีดำเนินการทดลอง

- 3.1 ทำการทดสอบ กลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่มก่อนการทดลอง ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- 3.2 ทำการทดลองโดยสอนตามแผนการสอนที่สร้างขึ้น ทั้งกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม ใช้เวลากลุ่มละ 16 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที ดังนี้
 - 3.2.1 กลุ่มทดลองสอนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
 - 3.2.2 กลุ่มควบคุมสอนตามคู่มือครู
- 3.3 เมื่อสิ้นสุดการทดลอง ทำการทดสอบกลุ่มตัวอย่างทั้งสองกลุ่ม ด้วยแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
- 3.4 นำผลการทดสอบมาตรวจให้คะแนน เพื่อทำการวิเคราะห์หาค่าสถิติทางสถิติต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้ดำเนินการดังต่อไปนี้

หาค่าสถิติในการตรวจสอบสมมติฐาน

ข้อ 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7 โดยใช้วิธีการทางสถิติแบบ t - test

Independent ในรูป Difference Score (Scott. 1962 : 264)

ผลการศึกษาค้นคว้า

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และการแปลความหมายของผลการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันผู้วิจัยจึงกำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
MD	แทน	ค่าเฉลี่ยของผลทางของคะแนน Pretest และ Posttest
S^2_D	แทน	ความแปรปรวนของคะแนนความแตกต่างระหว่างคะแนนก่อนการทดลองและคะแนนหลังการทดลองของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
t	แทน	ค่าอัตราส่วนนัยสำคัญทางสถิติที่ใช้พิจารณา

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลตามลำดับชั้น ดังนี้

1. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
2. การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม
3. การเปรียบเทียบทักษะการตั้งสมมุติฐานของนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

4. การเปรียบเทียบทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

5. การเปรียบเทียบทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรของนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

6. การเปรียบเทียบทักษะการทดลองของนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

7. การเปรียบเทียบทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

1. เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ผู้วิจัยได้นำค่าเฉลี่ยของผลต่างของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการทดลองของทั้งสองกลุ่มมาเปรียบเทียบกันโดยใช้วิธีการทางสถิติแบบ $t - test$ Independent ในรูป Difference Score ได้ผลดังแสดงในตาราง 2

ตาราง 2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	N	MD	S_D^2	t
กลุ่มทดลอง	50	22.36	11.37	8.29 **
กลุ่มควบคุม	50	16.80		

$$t(.01, 120) = 2.671$$

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตาราง 2 พบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นั่นคือ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกัน ซึ่งนำไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

2. เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ผู้วิจัยได้นำค่าเฉลี่ยของคะแนนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังการทดลองของทั้งสองกลุ่มมาเปรียบเทียบกันโดยใช้วิธีการทางสถิติแบบ t - test Independent ในรูป Difference Score ได้ผลดังแสดงในตาราง 3

ตาราง 3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	N	MD	S_D^2	t
กลุ่มทดลอง	50	33.32	39.14	4.34 **
กลุ่มควบคุม	50	27.90		

** $t(.01, 120) = 2.671$
มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการาง 3 พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นั่นคือ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกัน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

3. การเปรียบเทียบทักษะการตั้งสมมติฐานของนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ผู้วิจัยได้นำค่าเฉลี่ยของผลต่างของคะแนนทักษะการตั้งสมมติฐานก่อนและหลังการทดลองของทั้งสองกลุ่มมาเปรียบเทียบกัน โดยใช้วิธีการทางสถิติแบบ $t - test$ Independent ในรูป Difference Score ได้ผลดังแสดงในการาง 4

การาง 4 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการตั้งสมมติฐานระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	N	MD	S^2_D	t
กลุ่มทดลอง	50	6.66	2.55	2.06*
กลุ่มควบคุม	50	6.00		

$$t (.05, 120) = 1.980$$

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวาง 4 พบว่า ทักษะการตั้งสมมติฐานของนักเรียน กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นั่นคือ ทักษะการตั้งสมมติฐานของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกัน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

4. เปรียบเทียบทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ผู้วิจัยได้นำค่าเฉลี่ยของผลต่างคะแนนทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการก่อนและหลังการทดลองของทั้งสองกลุ่มมาเปรียบเทียบกัน โดยใช้วิธีการทางสถิติแบบ t - test Independent ในรูป Difference Score ได้ผลดังแสดงในการวาง 5

ตาราง 5 ผลการ เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	N	MD	S^2_D	t
กลุ่มทดลอง	50	6.82	2.70	2.97**
กลุ่มควบคุม	50	5.84		

$$t (.01, 120) = 2.617$$

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวาง 5 พบว่า ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นั่นคือ ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกัน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

5. เปรียบเทียบทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรของนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ผู้วิจัยได้นำค่าเฉลี่ยของผลต่างคะแนนทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรก่อนและหลังการทดลองของทั้งสองกลุ่มมาเปรียบเทียบกัน โดยใช้วิธีการทางสถิติแบบ $t - test Independent$ ในรูป Difference Score ได้ผลดังแสดงในการวาง 6

ตาราง 6 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	N	MD	s^2_D	t
กลุ่มทดลอง	50	6.54	2.37	1.87
กลุ่มควบคุม	50	5.96		

$$t(.05, 120) = 1.980$$

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตาราง 6 พบว่า ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ นั่นคือ ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

6. เปรียบเทียบทักษะการทดลองของนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผู้วิจัยได้นำค่าเฉลี่ยของผลต่างคะแนนทักษะการทดลองก่อนและหลังการทดลองของทั้งสองกลุ่มมาเปรียบเทียบกัน โดยใช้วิธีการทางสถิติแบบ $t - test$ Independent ในรูป Difference Score ได้ผลดังแสดงในตาราง 7

ตาราง 7 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการทดลองระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	N	MD	S^2_D	t
กลุ่มทดลอง	50	6.60	2.89	2.71**
กลุ่มควบคุม	50	5.68		

$$t(.01, 120) = 2.617$$

** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตาราง 7 พบว่า ทักษะการทดลองของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นั่นคือ ทักษะการทดลองของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกัน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

7. เปรียบเทียบทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของนักเรียนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ผู้วิจัยได้นำค่าเฉลี่ยของผลต่างคะแนนทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป ก่อนและหลังการทดลองของทั้งสองกลุ่มมาเปรียบเทียบกัน โดยวิธีการทางสถิติแบบ

t - test Independent ในรูป Difference Score ได้ผลดังแสดง
ในตาราง 8

ตาราง 8 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป
ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มทดลอง	N	MD	S_D^2	t
กลุ่มทดลอง	50	6.72	2.95	2.18*
กลุ่มควบคุม	50	5.98		

$$t(.05, 120) = 1.980$$

* มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลในตาราง 8 พบว่า ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นั่นคือ ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกัน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้

สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การศึกษารั้วนี้ เป็นการศึกษามลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 สรุปสาระสำคัญ และผลการศึกษาได้ดังนี้

จุดมุ่งหมายของการศึกษา

1. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู
2. เพื่อเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู
3. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการกิจสมมติฐานของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู
4. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการกำหนดคินยามเชิงปฏิบัติการของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู
5. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู
6. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการทดลองของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู
7. เพื่อเปรียบเทียบทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู

สมมติฐานการศึกษา

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของเข้าเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกัน
2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกัน
3. ทักษะการตั้งสมมติฐานของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกัน
4. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกัน
5. ทักษะการกำหนดและความคุมตัวแปรของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกัน
6. ทักษะการทดลองของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกัน
7. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกัน

วิธีดำเนินการศึกษา

1. กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการศึกษา เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนกุหลาบวิทยาลัย เขตพระนคร กรุงเทพมหานคร ปีการศึกษา 2531 จำนวน 100 คน ซึ่งได้จากการสุ่มโดยการจับฉลากมาจำนวน 100 คน จากนักเรียน 200 คน แล้วนำมาทดสอบแล้วจับฉลาก เป็นกลุ่มทดลอง 50 คน และกลุ่มควบคุม 50 คน
2. เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา
 - 2.1 แผนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ มี 2 แบบ คือ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
3. ทักษะการตั้งสมมติฐานของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
4. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
5. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ
6. ทักษะการทดลองของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01
7. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผลการศึกษา

การศึกษานผลการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จากผลการวิเคราะห์ข้อมูล อภิปรายผลได้ดังนี้

1. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ จากการสอนทั้งสองแบบปรากฏว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ โดยนักเรียนที่ได้รับการสอนด้วยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู ซึ่งผู้วิจัยจะอภิปรายในประเด็นสำคัญต่อไปนี้

ประการแรก เกี่ยวกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ได้มีโอกาสใช้ความคิดอย่างอิสระได้มากกว่าการเรียนตามคู่มือครู โดยเริ่มจากการระบุปัญหา ยอมรับในปัญหา ตั้งสมมติฐานออกแบบการทดลอง ทดลอง สรุปผลเป็นความรู้ใหม่และนำไปใช้ทันที ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาที่เรียนได้มากกว่าการเรียนตามคู่มือครู เพราะนักเรียนได้ปฏิบัติจริงทั้งหมด ซึ่งการเรียนการสอนตามคู่มือครูส่วนใหญ่ครูจะบอกและให้ปฏิบัติ นักเรียนที่ได้รับการสอนโดยการฝึกปัญหาจะมีความกระตือรือร้นในการเรียนสนุกสนาน มีโอกาสได้หาความรู้เพิ่มเติมได้มากกว่านักเรียนตามคู่มือครู ซึ่งเป็นการสอนที่กำหนดลักษณะของกิจกรรม นักเรียนไม่มีโอกาสได้พัฒนาความคิดมากนัก (ผู้วิจัย นิยมคำ. 2517 : 128) จึงทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มที่สอนตามคู่มือครู ต่ำกว่ากลุ่มที่สอนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของพิสุทธิ บุญเจริญ (2522 : 1 - 25) ซึ่งได้ศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการแก้ปัญหา พบว่ากลุ่มที่เรียนจากชุดการเรียนการสอนแบบสืบสวนสอบสวน มีผลสัมฤทธิ์และความสามารถ

ในการแก้ปัญหาสูงกว่ากลุ่มที่เรียนจากครูที่ลงนามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และจากงานวิจัยของนางนุช วรธนวาทะ (2524 : 72 - 74) พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหามีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ประการที่สอง เกี่ยวกับลักษณะของคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสร้างขึ้นโดยใช้หลักการของบัทส์ ประกอบด้วยโครงสร้าง คือ กำหนดโครงร่างก่อนเขียนแบบฝึกศึกษาค้นคว้าวิทยาศาสตร์และเอกสารที่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่จะทำ วัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรมและเนื้อหา อุปกรณ์ที่จะใช้ในกิจกรรมแต่ละตอน กำหนดเวลาในการฝึกแต่ละตอนและประเมินผลการฝึก มีขั้นตอนการแก้ปัญหาซึ่งปรับปรุงมาจากเอทกินสัน

(Atkinson. 1961 : 625) ที่ประกอบด้วย 9 ขั้นตอน คือ ขั้นยอมรับปัญหา ขั้นพิจารณาตรวจสอบ ค้นหาความยากใหม่ ๆ หรือข้อเท็จจริงมาสนับสนุนการแก้ปัญหา เลือกวิธีปฏิบัติ ทดลองเลือกวิธีที่ดีที่สุดมาดำเนินการ ขั้นทดลอง ขั้นสรุป และขั้นสรุปไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ จากขั้นตอนทั้ง 9 ขั้นนี้ได้ทำการปรับปรุงให้เหลือ 5 ขั้นตอน ประกอบด้วย ขั้นระบุปัญหา ขั้นเสนอแนวทาง ขั้นวางแผนการทดลองและดำเนินการทดลอง ขั้นสรุปผลและขั้นนำไปใช้โดยจัดสร้างเป็น 2 ตอน คือ การศึกษาวิธีการแก้ปัญหา และการฝึกปฏิบัติการแก้ปัญหา ในตอนที่ 1 การทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนได้มีโอกาสศึกษาขั้นตอนในการแก้ปัญหานักวิทยาศาสตร์ จากการที่ครูประกอบคำบรรยายนักเรียนจะเกิดความสนุกสนานไม่เบื่อหน่าย เหมือนการบรรยายจากครู สำหรับในตอนที่ 2 เป็นการฝึกปฏิบัติการแก้ปัญหา นักเรียนจะได้รับการฝึกแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่ได้จัดทำขึ้น นักเรียนได้ปฏิบัติการโดยศึกษาสถานการณ์ และจากคำถามนำในการแก้ปัญหาคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนต้องคิดค้นคว้าและปฏิบัติการอย่างแท้จริงด้วยตัวนักเรียนเอง การที่นักเรียนฝึกหัดปัญหาไปตามขั้นตอนของการแก้ปัญหา ทำให้นักเรียนได้ศึกษาเนื้อหาวิชาไปตามกระบวนการ จึงเกิดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหามากขึ้น ทำให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของกลุ่มทดลองสูงกว่า

กลุ่มควบคุมซึ่งจากงานวิจัยของมาฮาน (Mahan. 1963 : 1097 - A) พบว่า การสอนโดยวิธีแก้ปัญหาก็จะสร้างความงอกงามทางด้านความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การนำไปใช้และทักษะในการแก้ปัญหา โดยเฉพาะเด็กที่มีสติปัญญาต่ำ และจากงานวิจัยของเกบริลลี (Gabrielli. 1972 : 5650) พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหามีความสัมพันธ์ทางบวกกับความรู้ ประสบการณ์ การฝึกหัด จะเห็นได้ว่า คู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เป็นองค์ประกอบหนึ่งที่ทำให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนดีกว่าการเรียนการสอนตามคู่มือครู

2. การเปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

เปรียบเทียบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการสอนทั้งสองแบบ ปรากฏว่าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นอกจากนั้นแล้ว ผู้วิจัยได้ทำการเปรียบเทียบคะแนนของทักษะแต่ละทักษะ ประกอบด้วย ทักษะการตั้งสมมติฐาน ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ ทักษะการกำหนด และควบคุมตัวแปร ทักษะการทดลอง และทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป พบว่า

1. ทักษะการตั้งสมมติฐานของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดย ทักษะการตั้งสมมติฐานของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู

2. ทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของนักเรียนที่ได้รับการสอนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครู แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยทักษะการกำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู

3. ทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ของนักเรียนที่ได้รับการสอน โดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างไม่มีนัยสำคัญทางสถิติ แสดงว่าทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปร ของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู ไม่แตกต่างกัน

4. ทักษะการทดลองของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยทักษะการทดลองของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู

5. ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์กับนักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครูแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุปของนักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู

จากผลการศึกษาค้นคว้า จึงพอสรุปได้ว่า นักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนตามคู่มือครู และเมื่อพิจารณาในองค์ประกอบแต่ละทักษะแล้ว จะพบว่าทักษะการกำหนดและควบคุมตัวแปรของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเท่านั้นที่ไม่เป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ ซึ่งผู้วิจัยจะอภิปรายในประเด็นสำคัญดังนี้คือ

ประการแรก เกี่ยวกับลักษณะของกิจกรรมการเรียน นักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์จะได้รับการพัฒนาขั้นตอนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ และได้รับการฝึกฝนให้เข้าใจลักษณะของขั้นตอนการแก้ปัญหามาก่อน ในขณะที่นักเรียนที่เรียนตามคู่มือครูจะได้รับการพัฒนาการแก้ปัญหาลงมือไปกับเนื้อหาวิชา ทำให้ความคล่องตัวของนักเรียนที่เรียนตามคู่มือครูมีน้อยกว่า นอกจากนี้ลักษณะของกิจกรรมของ

นักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์จะมีชั้นตอนที่เกินรัก นักเรียนมีอิสระในการเรียนและแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ นักเรียนได้แสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยอาศัยกิจกรรมการแก้ปัญหาตามวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งต้องอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์มาใช้ในการแก้ปัญหา จึงทำให้นักเรียนที่เรียนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์มีโอกาสได้ฝึกฝนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้มาก และจากงานวิจัยของเกเบิลและรัมบ้า (Gable and Rubber. 1977 : 503 - 511) พบว่า นักศึกษาที่ได้รับการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มเติมจะมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าผู้ที่ไม่ได้รับการฝึกเพิ่มเติม

ประการสอง เกี่ยวกับคำถามของคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ คำถามต่าง ๆ ที่ไว้ในคู่มือแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เป็นคำถามที่เน้นทักษะขั้นบูรณาการมากกว่าขั้นพื้นฐาน ซึ่งนักเรียนมีโอกาสได้ฝึกฝนความคิดมากกว่าการสอนตามคู่มือครู ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ อูทัย ชิวชนรักษ์ (2517 : 40 - 41) ได้ศึกษาเปรียบเทียบการสอนแบบสืบสวนสอบสวน โดยเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงกับการสอนแบบเกม พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงกับการสอดคล้องแบบเกม พบว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นสูงภายหลังการทดลองสูงกว่าก่อนทำการทดลอง แสดงให้เห็นว่าการสอนที่เน้นทักษะมาก ๆ จะทำให้ผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงไปด้วย และจากงานวิจัยของกิกเคน (Widdon. 1973 : 180 - A) ได้ศึกษาถึงผลของหลักสูตรวิทยาศาสตร์ที่เน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (SAPA) พบว่า การอบรมเกี่ยวกับทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์จะมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดีกว่ากลุ่มที่ไม่ได้รับการอบรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

และจากการศึกษาค้นคว้าที่พบว่า ทักษะการกำหนดและความคุมตัวแปรของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน เป็นเพราะทักษะการกำหนดและความคุมตัวแปร

เป็นทักษะที่นักเรียนได้รับการฝึกมาจากการสอนตามคู่มือครูมาแล้ว ท่างจากทักษะตัวอื่น ๆ ที่นักเรียนไม่ได้รับการฝึกมาก่อน จึงทำให้คะแนนของทักษะการกำหนดกและควบคุมตัวแปรของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกัน

ข้อเสนอแนะทั่วไป

1. การสร้างคู่มือในการเรียน การที่จะให้กิจกรรมการเรียนการสอนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เป็นไปด้วยดีนั้น สิ่งที่จะช่วยได้เป็นอย่างดีก็คือ คู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เพราะในคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์นักเรียนจะเป็นผู้ใช้ประกอบไปด้วยสถานการณ์และคำถามที่นำไปสู่การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นในการสร้างคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ จะต้องมีการวางแผนเป็นอย่างดี ทั้งในค่านเนื้อหาและสถานการณ์ เพื่อให้สอดคล้องกัน ลักษณะของคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์จะต้องเร้าความสนใจของนักเรียนไม่ให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่าย นอกจากนี้ในคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ไม่ควรให้มีสถานการณ์และคำถามเพียงพอย่างเดียว แต่จะต้องสลับแทรกความรู้ต่าง ๆ เข้าไปด้วย เพื่อให้เด็กได้ใช้ค้นคว้าหาคำตอบได้ด้วยตนเอง

2. การวัดผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ การใช้คำถามเป็นสิ่งสำคัญ คำถามที่ใช้จะต้องเป็นคำถามในลักษณะของทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเป็นคำถามเปิดกว้าง ซึ่งลักษณะของคำถามจะเป็นตัวนำไปสู่ขั้นตอนของการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ตามลำดับขั้น ข้อความในคำถามจะต้องไม่ซับซ้อนมากนัก และให้นักเรียนได้ใช้ความคิดอย่างเต็มที่ เนื้อหาแนวทางไปสู่การตั้งสมมติฐานและการออกแบบการทดลองต่อไป

3. การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน ควรให้นักเรียนได้ฝึกทางด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพราะถ้าทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดีก็จะส่งผลให้

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ก็ตามไปด้วย ในการสอนครูผู้สอนจึงควรนำขั้นตอนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์มาใช้ประกอบด้วย ขั้นระบุปัญหา ขั้นเสนอแนวทาง ขั้นวางแผนการทดลองและดำเนินการทดลอง ขั้นสรุปและขั้นการนำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ และการจัดกิจกรรมของกระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้ความคิดอย่างเสรี โดยครูเป็นผู้คอยให้คำแนะนำ ลักษณะของกิจกรรมควรให้มีสถานการณ์ให้เกิดได้คิดอย่างเสรี

4. บรรยากาศในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ นักเรียนจะต้องมีโอกาสทำกิจกรรมด้วยตนเองให้มาก และมีการร่วมมือกันภายในกลุ่ม เนื่องจากนักเรียนสามารถช่วยกันแก้ปัญหาได้ดีกว่าการคิดคนเดียว ดังนั้นครูจึงมีส่วนร่วมในการช่วยสร้างบรรยากาศในการเรียน ไม่ควรกีดกันความคิดของนักเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนจะต้องนำไปสู่การฝึกให้นักเรียนยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

ข้อเสนอแนะงานวิจัยต่อไป

1. ควรจะได้นำการสอนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ไปทดลองใช้กับตัวแปรอื่น เช่น ความคิดสร้างสรรค์ เจตคติทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น
2. ควรจะได้นำการสอนโดยการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นอื่น เพื่อจะได้ศึกษาว่าผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ผลเช่นเดียวกันหรือไม่
3. ควรจะได้มีการศึกษาการสร้างคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะขั้นตอนวิเคราะห์การทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ให้อยู่ในรูปของเทปโทรทัศน์หรือสไลด์ ซึ่งอาจจะทำให้นักเรียนเกิดความสนใจมากขึ้น

ប្រធាន

บรรณานุกรม

- กมล หลีกภัย. ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการคิดเหตุผลเชิงตรรก ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2524. อักสำเนา.
- กิ่งฟ้า สินธุวงษ์ และคนอื่น ๆ. รายงานการวิจัยเรื่องทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยม. คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น, 2525. อักสำเนา.
- กอดศักดิ์ ศรีน้อย. การศึกษาการใช้คำถามเน้นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานและขั้นตอนการในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เพื่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2527. อักสำเนา.
- โกวิท ประวาลพุกษ์. การประเมินในชั้นเรียน. กรุงเทพฯ : ไทยวัฒนาพานิช, 2523. อักสำเนา.
- จิตนา ราชทองเมือง. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความคิดแบบสืบสวนสอบสวน วิธีการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : วิทยาลัยวิชาการศึกษา ประสานมิตร, 2516. อักสำเนา.
- จำนง พรายแถมแซ. เทคนิคและวิธีสอนวิทยาศาสตร์. สหณัฐกิจ, 2524, อักสำเนา.
- ฉวีวรรณ กีนาวงศ์. เอกสารประกอบการเรียน ประถม 421. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ พิษณุโลก, ม.ป.ป. อักสำเนา.
- ชวาล แพทย์กุล. เทคนิคการเขียนข้อสอบ. พิทักษ์อักษร, ม.ป.ป. อักสำเนา.
- เชาวนี อะยะวงศ์. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ของการฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ด้วยแบบเรียนสำเร็จรูปและค่ายครูฝึกของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2526. อักสำเนา.

นงนุช วรรณวาทะ. ความสัมพันธ์ระหว่างวิธีการแก้ปัญหา ความคิดสร้างสรรค์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนระดับชั้นประกาศนียบัตรวิชาการศึกษาระดับสูง. ปรินซ์นิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : วิทยาลัยวิชาการศึกษา ประสานมิตร, 2514. อักสาเนา.

✓ นิทยา ฤทธิโยธี. การทำและการใช้แบบฝึกเสริมทักษะ เอกสารเผยแพร่ความรู้ทางการสอนภาษาไทย. หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมสามัญศึกษา, 2520. อักสาเนา.

น้อยทิพย์ ศัลลศาสตร์. การศึกษาความสัมพันธ์ของทักษะวิทยาศาสตร์ขั้นมูลฐาน ความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2521. อักสาเนา.

ณรงค์ ทองปาน. การสร้างหนังสือสำหรับเด็ก. เอกสารนิเทศการศึกษา ฉบับที่ 250 ชวนพิมพ์, 2526. อักสาเนา.

บุญบุรุษัน ศิริอาชากุล. การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ระหว่าง ม.ศ. 1 กับ ม. 1 เขตการศึกษา 3. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2522. อักสาเนา.

✓ ประวิตร ชูศิลป์. "หลักการประเมินผลวิชาวิทยาศาสตร์แผนใหม่" เอกสารการนิเทศการศึกษา. ฉบับที่ 233 ภาคพัฒนาตัวเราและเอกสารหน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู, 2524. อักสาเนา.

ณกามาศ วรานุสันติกุล. ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ตามการประเมินของครู. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2524. อักสาเนา.

พยนต์ แสงเกษ. การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ของกลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิตชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ด้วยวิธีสอนแบบแก้ปัญหาแบบค้นพบกับการเรียน. ปรินซ์นิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2525. อักสาเนา.

พยอม คันมณี. การศึกษาเปรียบเทียบความแตกต่างของผลการสอนด้วยตำราเรียน
วิชาจิตวิทยาการศึกษาในรูปแบบเชิงปัญหากับรูปแบบที่ใช้กันอยู่ทั่วไป.

ปริชญานีพนธ์ กศ.ค. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ประสานมิตร, 2524. อักสาเนา.

พรณี ชูทัย. จิตวิทยาการเรียนการสอน : จิตวิทยาสำหรับครูในชั้นเรียน.
ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
2522. อักสาเนา.

พัชรา เรืองรัมย์. ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และ
ความสนใจทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เขต กทม.
วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2524.
อักสาเนา.

พิตร ทองชั้น. หลักการวิจัย. 2524. อักสาเนา.

พิสุทธิ บุญเจริญ. การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการ
การแก้ปัญหาเป็นกลุ่มของการสอนด้วยการสอนแบบสืบสวนสอบสวนกับการสอน
ตามปกติ ในวิชาภาษาไทย ชั้นประ มปีที่ 5. ปริชญานีพนธ์ กศ.ม.
กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2522. อักสาเนา.

มังกร ทองสุคติ. "โครงสร้างของการศึกษาวิทยาศาสตร์" เอกสารนิเทศการศึกษา.
ฉบับที่ 201 หน่วยศึกษานิเทศก์ กรมการฝึกหัดครู, 2521. อักสาเนา.

มหาวิทยาลัย, ทบวง. ชุดการเรียนการสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์ เล่ม 1. 2525.
อักสาเนา.

_____. ชุดการเรียนการสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์ เล่ม 2. 2525. อักสาเนา.

รุจี ไรจนประศาสน์. ความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
ทัศนคติทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ของ
นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 เขตการศึกษา 2. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม.
กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2523. อักสาเนา.

ลวน สายยศ. และอังคณา สายยศ. หลักการวิจัยทางการศึกษา. ศึกษาพร,

2528. อักสาเนา.

วรรณดี วรรณศิลป์. ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ ค.ม.

กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2524. อักสาเนา.

วิชาการ, กรม. "การศึกษาพฤติกรรมการเรียนการสอนในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของหลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น" การปรับปรุงคุณภาพงานวิจัยทางการศึกษา
การวิจัยทางการศึกษา. 2525. อักสาเนา.

วิราพร เทพวีระพงศ์. ความเกรงใจกับพฤติกรรมการแก้ปัญหาในกลุ่ม. ปริญญาโท
กศ.ม. วิทยาลัยวิชาการศึกษา ประสานมิตร, 2514. อักสาเนา.

วิบุต วิเชียรโชติ. จิตวิทยาการเรียนการสอนแบบสืบสวนสอบสวน. อำนวยการพิมพ์,
2521. อักสาเนา.

วีระ เมืองช้าง. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความตึกวิจารณ์งานกับการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของโรงเรียนจันทรประสิทธิ์-สุวรรณ กทม. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์,
2525. อักสาเนา.

วีระ วงศ์สรรค์. การเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กับนักศึกษามัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2518. อักสาเนา.

ศึกษาธิการ, กระทรวง. หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น. พุทธศักราช 2521. อักสาเนา.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. รายงานการดำเนินงานประจำปีงบประมาณ 2530. ฉบับที่ 17.

สัญญา ทิพย์เสนา. การเปรียบเทียบผลการสอนแบบสืบสวน - สอบสวน (โดยเน้นทักษะเบื้องต้นของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์) กับการสอนแบบปกติในวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไประดับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษา. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2517. อักสาเนา.

✓ สมจิต สวชนไพบูลย์. การพัฒนาการสอนของครูวิทยาศาสตร์. 2526. อักสาเนา.
_____. สมรรถภาพการสอนของครู. ภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2527. อักสาเนา.

สมหวัง ชัยคามล. การศึกษาเปรียบเทียบพัฒนาการด้านทักษะกระบวนการคิดแก้ปัญหา การเรียนวิชาสังคมศึกษาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยวิธีการบวนการกลุ่มสัมพันธ์กับการสอนปกติ. วิทยานิพนธ์ ศศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์, 2528. อักสาเนา.

สาขาวิทยาศาสตร์ทั่วไป สสวท. ทักษะและคำถามนำไปสู่ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (เอกสารหมายเลข 5). ม.ป.ท., ม.ป.ป. อักสาเนา.

สามัญศึกษา, กรม. การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดกรมสามัญศึกษาทั่วประเทศ. หน่วยศึกษานิเทศก์, 2526. อักสาเนา.

✓ สุจริต เพียรชอบ และสายใจ อินทร์พรหม. วิธีสอนภาษาไทยระดับมัธยมศึกษา. ไทยวัฒนาพานิช, 2523. อักสาเนา.

สุมาลี พิศราภูล. ความสัมพันธ์ระหว่างกิจกรรมทางวาทะกับการเรียนรู้ทักษะเชิงซ้อนของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ระดับประกาศนียบัตรวิชาการศึกษา. วิทยานิพนธ์ ค.ม. กรุงเทพฯ : จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 2518. อักสาเนา.

สุวัฑก นิยมคำ. การสอนวิทยาศาสตร์แบบพัฒนาความคิด. วัฒนาพานิช, 2517.

อัครสำเนา.

สำเร็จ บุญเรืองรัตน์. การปฏิรูปการศึกษา. ไทยวัฒนาพานิช, 2520. อัครสำเนา.

อนันต์ ศรีโสภณ. ทฤษฎีการวัดและการทดสอบ. 2522. อัครสำเนา.

อุทัย ชีวะชนรักษ์. การเปรียบเทียบผลการสอนแบบสืบสวน - สอบสวน (โดยเน้นทักษะขั้นสูงของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์) กับการสอนแบบเดิมในวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไป ระบุประกาศนียบัตรวิชาการศึกษา. ปรินซ์ตัน
กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2517.
อัครสำเนา.

อุทัย บุญมาดี. การศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ด้วยชุดการเรียนรู้ด้วยตนเองและตามคู่มือครู สสวท. ปรินซ์ตัน กศ.ม. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2529. อัครสำเนา.

✓ อำนวย เลิศขันธ์. การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางสมองกับความสามารถด้านการคิดแก้ปัญหาในวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนในระดับมัธยมศึกษา. ปรินซ์ตัน กศ.ค. กรุงเทพฯ : มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร, 2523. อัครสำเนา.

American Association for the Advancement of Science. Science A process Approach Commentary for Teacher. Washington D.C. AAAS. 1970. 683 p.

Atkinson, Smith Krouse. The Educations Encyclopedia. New Jersey, Prentice - Hall, Inc., 1961.

✓ Butts, David P. The Teaching of Science A self Directed Planning Guide. New York, Harper & Row Publisher. 1974. 72 p.

Baker, Tunis. "What can We do to Make Our Children Capable of Thinking for Themselves?" Science Education. 34 : 153 - 155, April, 1960.

Bloom, Benjamins, Editor. Taxonomy of Educational Objective, Longmans Green and Co., New York, 1971. 292 p.

Bruner, Jerome S. Studies in Cognitive Growth : A Collaboration at the Center for Cognitive Studies. New York, John Wiley and Sons, 1966.

Dressel, Paul. L. "Critical Thinking : The Gold of Education," The Journal of the National Education Association. 44 : 418 - 420, October, 1955.

Fan, Chung Teh. Item Analysis Table. Princeton, New Jersey Education Testing Service, 1952. 32 p.

Gabrielli, Ralph B. "A Study of the Characteristics of Pre - Service Teachers Identified on an Experimental Instrument as High of Low in Problem - Solving Ability" Dissertation Abstracts International. 32 : 5650 - A, April, 1972.

Gagne' Robert M. The Condition of Learning. : 2nd. ed, New York Holy. Rinehart and Winstin, Inc., 1970. 407 p.

Gaier, B.L. "The Role of Knowledge in Problem - Solving," Progressive Education. 30 : 138 - 141, 1953.

Golstein, Joseph. J. "Thinking can be Learned." Educational Leadership. 6 : 235 - 239, January, 1949.

John, K.W. "A Comparison of Two Methods of Teaching Eight Grad General Science : traditional and Structured Problem Solving," Dissertation Abstracts International. 27(4) : 994 - 995, October, 1966.

Mahan, L.A. "The Effect of Problem Solving and Lecture Discussionin Developing Student Growth in Basic Understanding Problem Solving Skill, Attitude, Interests and Personal Adjustment," Dissertation Abstract. 3 : 1097 - 1098, September, 1963.

- Meridith, E.C. "Development of Problem Solving Skill in High School Physical Science," Dissertation Abstracts International. 10 : 3550 - A, April, 1962.
- Norton, R.T. "A Development Study in Assessing Children to Solve Problems in Science," Dissertation Abstracts International. 23(1) : 204 - A, July, 1972.
- Sarni, Ingrid C. "Piagetian Operation and Field Independence as Factors in Children's Problem - Solving Performance," Child Development. 44 : 338 - 345, 1973.
- Scott, William A. and Michael Wertheimer. Introduction to Psychological Research. 4th. ed, New York, John Wiley and Son, Inc., 1964. 445 p.
- Stevens, Truman J. and Ronald A. Atwood, "Interest Scores as Predictors of Science Process Performance for Junior High Students," Science Education. 62 : 303 - 308, July - September 1978.
- Stollburg, R.J. "Problem - Solving, The Process Games in Science Teaching," Science Teacher. 23 : 225 - 228, September 1956.
- Thorndike, Robert L. "How the Children Learn the Principles and Techniques of Problem - Solving," Learning and Instruction Chicago. 1950. p. 192 - 216.
- Harless, Green. "Language Workbooks and Practice Materials," A Handbook of Programmed Learning. Indiana and Press no data p. 93 - 94.
- Vasilakes, William. "Inquiry Problems with the Scientific Method," School Science and Mathematics. 6 : 497 - 502, June, 1967.
- Vannoy, J.S. "Generality of Cognitive Complexity Simplicity as a Personality Construct," Journal of Personality and Social Psychology. 1965.

Widden, Marvin Frank. "A Product Evaluation of Science -
a process Approach," Dissertation Abstracts.
32 : 3583 - A January, 1972.

ពាក្យស្នង

ภาคผนวก ก
วิเคราะห์แบบทดสอบ

ตาราง 9 แสดงค่าความยาว (p) และอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์
ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องภาวะแวดล้อม

ข้อที่	p	r	Δ	ข้อที่	p	r	Δ
1	.44	.27	13.6	26	.28	.20	15.4
2	.87	.24	8.4	27	.50	.26	13.0
3	.57	.34	12.3	28	.51	.20	12.9
4	.64	.54	11.5	29	.79	.21	9.8
5	.68	.62	11.1	30	.27	.20	15.5
6	.80	.18	9.6	31	.40	.30	14.0
7	.67	.32	11.2	32	.75	.38	10.3
8	.63	.59	11.7	33	.65	.53	11.4
9	.79	.41	9.8	34	.42	.34	13.8
10	.78	.51	9.9	35	.50	.22	13.0
11	.74	.41	10.4	36	.75	.28	10.4
12	.42	.34	13.8	37	.61	.28	11.9
13	.21	.62	16.3	38	.27	.20	15.5
14	.71	.59	10.8	39	.65	.20	11.4
15	.44	.38	13.6	40	.22	.43	16.1
16	.79	.24	9.8	41	.67	.59	11.3
17	.77	.49	10.1	42	.45	.30	13.5
18	.68	.22	11.2	43	.70	.29	10.9
19	.22	.50	16.2	44	.25	.25	15.6
20	.25	.27	15.7	45	.44	.41	13.6
21	.52	.53	12.8	46	.83	.69	9.2
22	.48	.30	13.2	47	.57	.34	12.3
23	.50	.26	13.0	48	.46	.27	13.4
24	.80	.28	9.6	49	.64	.32	11.6
25	.78	.21	9.9	50	.73	.62	10.5

ตาราง 10 แสดงค่า p และ q ของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องภาวะแวดล้อม

ข้อที่	p	q	pq	ข้อที่	p	q	pq
1	0.96	0.04	0.0384	26	0.18	0.82	0.1476
2	0.87	0.13	0.1131	27	0.51	0.49	0.2499
3	0.96	0.04	0.0384	28	0.46	0.54	0.2484
4	0.64	0.36	0.2304	29	0.82	0.18	0.1476
5	0.63	0.37	0.2331	30	0.15	0.85	0.1275
6	0.84	0.16	0.1344	31	0.57	0.43	0.2451
7	0.73	0.27	0.1971	32	0.77	0.23	0.1771
8	0.59	0.41	0.2419	33	0.87	0.13	0.1131
9	0.88	0.12	0.1056	34	0.41	0.59	0.2419
10	0.89	0.11	0.0979	35	0.38	0.62	0.2356
11	0.73	0.27	0.1971	36	0.69	0.31	0.2139
12	0.46	0.54	0.2484	37	0.62	0.38	0.2356
13	0.13	0.87	0.1131	38	0.21	0.79	0.1659
14	0.88	0.12	0.1056	39	0.61	0.39	0.2379
15	0.44	0.56	0.2464	40	0.82	0.18	0.1476
16	0.80	0.20	0.1600	41	0.84	0.16	0.1344
17	0.71	0.29	0.2059	42	0.93	0.07	0.0651
18	0.68	0.32	0.2176	43	0.69	0.31	0.2139
19	0.11	0.89	0.0979	44	0.78	0.22	0.1716
20	0.16	0.84	0.1344	45	0.95	0.05	0.0475
21	0.61	0.39	0.2379	46	0.83	0.17	0.1411
22	0.39	0.61	0.2379	47	0.13	0.87	0.1131
23	0.40	0.60	0.2400	48	0.53	0.47	0.2491
24	0.82	0.18	0.1476	49	0.65	0.35	0.2275
25	0.91	0.09	0.0819	50	0.20	0.80	0.1600

ตาราง 11 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
วิชาวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องภาวะแวดล้อม

คนที่	x	x ²	คนที่	x	x ²
1	32	1024	26	39	1521
2	32	1024	27	26	676
3	26	676	28	28	784
4	28	784	29	33	1089
5	31	961	30	30	900
6	29	841	31	38	1444
7	31	961	32	32	1024
8	23	529	33	22	484
9	38	1444	34	21	441
10	26	676	35	26	676
11	36	1296	36	26	676
12	35	1225	37	21	441
13	35	1225	38	37	1369
14	29	841	39	32	1024
15	25	625	40	27	729
16	35	1225	41	32	1024
17	29	841	42	28	784
18	25	625	43	32	1024
19	29	841	44	37	1369
20	30	900	45	26	676
21	28	784	46	32	1024
22	33	1089	47	25	625
23	36	1296	48	25	625
24	26	676	49	29	841
25	23	529	50	34	1156

ตาราง 11 (ต่อ)

คนที่	X	X ²	คนที่	X	X ²
51	30	900	76	33	1089
52	30	900	77	37	1369
53	29	841	78	24	576
54	30	900	79	30	900
55	27	729	80	29	841
56	40	1600	81	37	1369
57	29	841	82	32	1024
58	31	961	83	31	961
59	32	1024	84	35	1225
60	29	841	85	36	1296
61	33	1089	86	37	1369
62	29	841	87	32	1024
63	30	900	88	33	1089
64	33	1089	89	36	1296
65	38	1444	90	27	729
66	29	841	91	36	1296
67	26	676	92	39	1521
68	31	961	93	31	961
69	28	784	94	30	900
70	30	900	95	28	784
71	27	729	96	25	625
72	32	1024	97	32	1024
73	34	1156	98	31	961
74	37	1369	99	33	1089
75	35	1225	100	29	841
				$\Sigma X = 3060$	$\Sigma X^2 = 96088$

ค่าความเชื่อมั่นในสูตร KR - 20

$$\Sigma pq = 8.56$$

$$\Sigma X = 3060$$

$$\Sigma X^2 = 96088$$

$$\begin{aligned} s_t^2 &= \frac{N \Sigma X^2 - (\Sigma X)^2}{N^2} \\ &= \frac{100 \times 96088 - (3060)^2}{100^2} \\ &= \frac{9,608,800 - 9,363,600}{10,000} \\ &= \frac{245200}{10,000} = 24.52 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} r_{tt} &= \frac{n}{n-1} \left[1 - \frac{\Sigma pq}{s_t^2} \right] \\ &= \frac{50}{50-1} \left[1 - \frac{8.56}{24.52} \right] \end{aligned}$$

$$= 1.02 (1 - 0.35)$$

$$= 1.02 \times 0.65$$

ค่าความเชื่อมั่น = 0.66

ตาราง 12 แสดงค่าความยากง่าย (p) และอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบ
วัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ข้อที่	p	r	Δ	ข้อที่	p	r	Δ
1	.44	.27	13.6	26	.51	.57	12.9
2	.31	.26	19.0	27	.54	.57	12.6
3	.44	.27	13.6	28	.22	.43	16.1
4	.57	.34	12.3	29	.67	.59	11.3
5	.51	.55	12.7	30	.63	.42	11.6
6	.78	.51	9.9	31	.74	.44	10.4
7	.65	.53	11.4	32	.54	.25	12.6
8	.68	.75	11.2	33	.36	.40	14.5
9	.49	.48	13.1	34	.34	.23	14.6
10	.38	.55	14.2	35	.31	.22	15.0
11	.37	.33	14.0	36	.44	.41	13.6
12	.31	.36	15.0	37	.57	.38	12.3
13	.60	.34	12.0	38	.65	.74	11.4
14	.63	.28	11.6	39	.23	.31	16.0
15	.84	.39	09.0	40	.70	.29	10.9
16	.79	.57	09.8	41	.44	.27	13.6
17	.24	.46	15.9	42	.87	.24	8.4
18	.24	.28	15.9	43	.57	.34	12.3
19	.34	.32	14.7	44	.64	.54	11.5
20	.41	.24	13.9	45	.68	.62	11.1
21	.67	.30	11.2	46	.83	.69	9.2
22	.49	.54	13.1	47	.57	.24	12.3
23	.52	.53	12.8	48	.46	.27	13.4
24	.41	.42	19.3	49	.64	.32	11.6
25	.51	.20	12.9	50	.73	.62	10.5

ตาราง 12 (ต่อ)

ข้อที่	p	r	Δ	ข้อที่	p	r	Δ
51	.55	.44	12.5	64	.57	.38	12.3
52	.48	.27	13.2	65	.65	.74	11.4
53	.35	.30	14.5	66	.70	.29	10.9
54	.29	.39	15.2	67	.55	.44	12.5
55	.45	.55	13.5	68	.48	.27	13.2
56	.32	.28	14.9	69	.35	.30	14.5
57	.38	.39	14.3	70	.45	.55	13.5
58	.74	.41	9.8	71	.32	.28	14.9
59	.57	.45	12.3	72	.38	.39	14.3
60	.41	.33	14.0	73	.74	.41	9.8
61	.53	.40	12.8	74	.57	.45	12.3
62	.31	.22	15.0	75	.41	.33	14.0
63	.44	.41	13.6				

ตาราง 13 แสดงค่า p และ q ของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

ข้อที่	p	q	pq	ข้อที่	p	q	pq
1	.62	.38	0.2356	26	.85	.15	0.1275
2	.55	.45	0.2475	27	.87	.13	0.1131
3	.53	.47	0.2491	28	.37	.63	0.2331
4	.28	.72	0.2016	29	.39	.61	0.2379
5	.57	.78	0.1716	30	.64	.34	0.2304
6	.40	.60	0.2400	31	.84	.16	0.1344
7	.22	.43	0.2451	32	.48	.52	0.2496
8	.74	.74	0.1924	33	.34	.66	0.2244
9	.90	.10	0.0900	34	.32	.68	0.2176
10	.50	.50	0.2500	35	.34	.66	0.2244
11	.54	.46	0.2484	36	.50	.50	0.2500
12	.54	.46	0.2484	37	.66	.34	0.2244
13	.66	.34	0.2244	38	.92	.08	0.0736
14	.82	.18	0.1476	39	.38	.62	0.2356
15	.86	.14	0.1204	40	.76	.24	0.1824
16	.94	.06	0.0564	41	.96	.04	0.0384
17	.40	.60	0.2400	42	.87	.13	0.1131
18	.38	.62	0.2356	43	.96	.04	0.0384
19	.46	.54	0.2484	44	.64	.36	0.2304
20	.42	.58	0.2436	45	.63	.37	0.2331
21	.46	.54	0.2484	46	.83	.17	0.1411
22	.84	.16	0.1344	47	.13	.87	0.1131
23	.76	.24	0.1824	48	.53	.47	0.2491
24	.56	.44	0.2464	49	.65	.35	0.2275
25	.46	.54	0.2484	50	.20	.80	0.1600

ตาราง 13 (ต่อ)

ข้อที่	p	q	pq	ข้อที่	p	q	pq
51	.66	.34	0.2244	63	.57	.43	0.2451
52	.52	.48	0.2392	64	.65	.35	0.2275
53	.52	.48	0.2392	65	.70	.30	0.2100
54	.38	.62	0.2356	66	.45	.55	0.2475
55	.66	.34	0.2244	67	.35	.65	0.2275
56	.54	.46	0.2484	68	.51	.49	0.2499
57	.48	.52	0.2496	69	.43	.57	0.2451
58	.84	.16	0.1134	70	.45	.55	0.2475
59	.42	.58	0.2436	71	.54	.46	0.2484
60	.32	.68	0.2176	72	.48	.52	0.2496
61	.43	.57	0.2451	73	.84	.16	0.1134
62	.45	.55	0.2475	74	.42	.58	0.2436
				75	.32	.68	0.2176
							$\Sigma pq = 15.3994$

ตาราง 14 แสดงการวิเคราะห์ความแปรปรวนของแบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทาง
วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

คนที่	x	x^2	คนที่	x	x^2
1	55	3025	26	69	4761
2	56	3136	27	66	4356
3	63	3969	28	71	5041
4	57	3249	29	77	5929
5	64	4096	30	71	5041
6	59	3481	31	57	3249
7	57	3249	32	66	4356
8	62	3844	33	64	4096
9	66	4356	34	60	3600
10	65	4225	35	61	3721
11	50	2500	36	66	4356
12	54	2916	37	68	4624
13	55	3025	38	57	3249
14	66	4356	39	59	3481
15	56	3136	40	58	3364
16	45	2025	41	48	2304
17	68	4624	42	57	3249
18	61	3721	43	58	3364
19	60	3600	44	50	2500
20	63	3969	45	50	2500
21	59	3481	46	56	3136
22	67	4489	47	59	3481
23	62	3844	48	57	3249
24	54	2916	49	61	3721
25	55	3025	50	60	3600

ตาราง 14 (ต่อ)

คนที่	x	x ²	คนที่	x	x ²
51	55	3025	76	62	3844
52	56	3136	77	59	3481
53	63	3969	78	57	3249
54	57	3249	79	64	4096
55	64	4096	80	68	4624
56	50	2500	81	63	4624
57	54	2916	82	63	3969
58	55	3025	83	60	3600
59	66	4356	84	61	3721
60	56	3136	85	68	4624
61	45	2025	86	66	4356
62	62	3844	87	61	3721
63	69	4761	88	60	3600
64	60	3600	89	66	4356
65	67	4489	90	60	3600
66	56	3136	91	60	3600
67	69	4761	92	61	3721
68	59	3481	93	64	4096
69	56	3136	94	66	4356
70	65	4225	95	57	3249
71	62	3844	96	59	3481
72	64	4096	97	58	3364
73	62	3844	98	59	3481
74	57	3249	99	50	2500
75	67	4489	100	50	2500
				$\Sigma x = 6028$	$\Sigma x^2 = 366,786$

หาค่าความเชื่อมั่น ใช้สูตร KR - 20

$$\sum pq = 15.3994$$

$$\sum X = 6028$$

$$\sum X^2 = 366,786$$

$$s_t^2 = \frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{N^2}$$

$$s_t^2 = \frac{(100 \times 366,786) - (6028)^2}{100^2}$$

$$= \frac{36678600 - 36336784}{10,000}$$

$$= \frac{341816}{10,000} = 34.18$$

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

$$= \frac{75}{75-1} \left[1 - \frac{15.40}{34.18} \right]$$

$$= 1.01 (1 - 0.45)$$

$$= 1.01 \times 0.55$$

ค่าความเชื่อมั่น = 0.56

ภาคผนวก ข

แผนการสอนกลุ่มทดลอง

แผนการสอนกลุ่มทดลอง

วิชา

วิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่อง ภาวะแวดล้อม

แผนการสอนครั้งที่ 1

วิชา วิทยาศาสตร์ (ว.306)

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

เรื่อง ภาวะแวดล้อม

เวลา 2 คาบ (100 นาที)

ความคิดรวบยอด

การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถในการคิดและปฏิบัติเพื่อหาคำตอบ
ของปัญหาทางวิทยาศาสตร์ โดยอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอน คือ

1. ระบุปัญหา
2. เสนอแนวทาง
3. วาดแผนการทดลอง
4. สรุปผล
5. นำไปใช้ในสถานการณ์ใหม่

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

นักเรียนสามารถอธิบายความหมายและขั้นตอนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
ทั้ง 5 ขั้นตอน ได้อย่างถูกต้อง

กิจกรรม

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการสนทนากับนักเรียนเกี่ยวกับเรื่องกระบวนการ
ทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำเข้าสู่การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
2. ครูอธิบายการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ตามขั้นตอนแต่ละขั้นตอนด้วย
แผ่นโปสเตอร์

3. ครูบอกตัวอย่างสถานการณ์พร้อมกับให้นักเรียนอธิบายว่าเป็นขั้นตอนใดในกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
4. นักเรียนร่วมกันวิเคราะห์การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์จากสถานการณ์ที่กำหนดให้
5. นักเรียนนำเสนอผลการวิเคราะห์การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
6. ครูและนักเรียนสรุปผลการวิเคราะห์การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์จากสถานการณ์ ตัวอย่างที่กำหนดให้

สื่อการเรียนการสอน

- แผ่นโปสเตอร์
- คู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

การประเมินผล

1. ประเมินผลจากการอภิปรายของนักเรียน
2. ประเมินผลจากการตอบคำถามของนักเรียน
3. ประเมินผลจากการทำคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

แผนการสอนครั้งที่ 2

วิชา วิทยาศาสตร์ (ว.306)

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

เรื่อง ภาวะแวดล้อม

เวลา 2 คาบ (100 นาที)

ความคิกรวบย่อ

นักวิทยาศาสตร์ที่ค้นพบผลงานต่าง ๆ ใช้กระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
ในการศึกษาค้นคว้า

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

นักเรียนสามารถอธิบายการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ตามกระบวนการแก้ปัญหา
ทางวิทยาศาสตร์ได้

กิจกรรม

1. ครูเสนอประวัติการค้นพบผลงานของนักวิทยาศาสตร์จากคู่มือฝึกแก้ปัญหาทาง
วิทยาศาสตร์

- โทมัส แอลวา เอดิสัน
- อาร์คิมิดีส
- ไมเคิล ฟาราเดย์
- มาร์โคนี
- วิลเบอร์ไรต์ และออวิลไรต์
- เซอร์ ไอแซค นิวตัน

2. นักเรียนศึกษาวิเคราะห์ผลงานของนักวิทยาศาสตร์แต่ละท่านเกี่ยวกับ
ขั้นตอนในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์แต่ละขั้นตอน
3. นักเรียนนำเสนอผลงานการวิเคราะห์ และร่วมกันอภิปราย
4. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลการวิเคราะห์ตามกระบวนการแก้ปัญหาทาง
วิทยาศาสตร์

สื่อการเรียนรู้การสอน

- คู่มือแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

การประเมินผล

1. สังเกตจากพฤติกรรมการเรียนและการร่วมกิจกรรม
2. สังเกตจากการตอบคำถามในคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

แผนการสอนครั้งที่ 3

วิชา วิทยาศาสตร์ (ว.306)
เรื่อง ภาวะแวดล้อม

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
เวลา 2 คาบ (100 นาที)

ความคิดรวบยอด

1. ภาวะแวดล้อมในปัจจุบันเปลี่ยนแปลงไป ผลของการเปลี่ยนแปลงทำให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษได้แก่ น้ำเสีย อากาศเสีย
2. น้ำที่มีปริมาณจุลินทรีย์มากและมีก๊าซออกซิเจนเป็นองค์ประกอบน้อยมักได้จากค้ำปิไอส์ และค้ำคิโอ
3. ปิไอส์ มีค้ำมากและค้ำคิโอมีค้ำน้อยแสดงว่า น้ำเสีย

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. นักเรียนสามารถอธิบายความหมายของค้ำว่า ปิไอส์ และ ค้ำคิโอได้
2. นักเรียนอธิบายและออกแบบการทดลองการเปรียบเทียบปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ในน้ำค้ำองการในการเผาผลาญอาหารได้
3. นักเรียนอธิบายความหมายของค้ำว่าค้ำคิโอได้
4. นักเรียนออกแบบการทดลองและค้ำเนินการทดลองการตรวจสอบจุลินทรีย์ในน้ำจากแหล่งค้ำง ๆ ได้
5. นักเรียนบอกค้ำว่าปริมาณแบคทีเรียค้ำคิโอฟอร์มในน้ำเป็นเกณฑ์ในการค้ำหนดคุณภาพของน้ำ

กิจกรรม

1. นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงภาวะแวดล้อมในปัจจุบันที่เกิคมลพิษค้ำมรายละเอียก

ในคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำข้อสรุปของการหาค่าบีโอจี และค่าซีโอ
จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ในคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เพื่อศึกษาปัญหาจากสถานการณ์

2. นักเรียนร่วมกันอภิปรายเสนอวิธีการที่จะแก้ปัญหาจากสถานการณ์และ
อุปกรณ์ที่กำหนดให้

3. นักเรียนร่วมกันวางแผนและทำการทดลองเรื่องความต้องการออกซิเจน
ของพืช

4. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลการทดลอง

5. นักเรียนนำข้อสรุปที่ได้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่กำหนดให้ใน
คู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

สื่อการเรียนการสอน

1. คู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

2. อุปกรณ์การทดลอง

- | | |
|--------------------|----------------------|
| - นมผง | - สารละลายเมธิลีนบลู |
| - ยีสต์ | - กล้องพลาสติก |
| - หลอดทดลอง | - แท่งแก้วสำหรับคน |
| - ที่ตั้งหลอดทดลอง | - หลอดฉีกยา |
| - หลอดหยด | - ช้อนกักสาร |
| - นาฬิกา | |

การประเมินผล

1. ทักษะจากการแสดงผลงานการฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
2. สังเกตจากการใช้อุปกรณ์ขณะทำการทดลอง
3. สังเกตจากการตอบคำถามในคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

แผนการสอนครั้งที่ 4

วิชา วิทยาศาสตร์ (ว.306)
เรื่อง ภาวะแวดล้อม

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
เวลา 2 คาบ (100 นาที)

ความคิดรวบยอด

1. ความเข้มข้นและชนิดของสารละลายมีผลต่อการทำลายจุลินทรีย์
2. ในน้ำมีสารพิษ เช่น ปรอต ตะกั่ว แคดเมียม ที่ทำอันตรายต่อผู้บริโภค
3. ปรอตจะทำให้ระบบประสาทส่วนกลางถูกทำลาย
4. พิษของตะกั่วทำให้เกิดอาการปวดท้อง เหงือกมีสีคล้ำ เป็นอัมพาต
5. แคดเมียมทำให้เกิดโรคอิไต-อิไต มีอาการปวดอย่างรุนแรงทั่วร่างกาย

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายการใช้และใช้สารเคมีในการทำลายจุลินทรีย์ได้
2. อธิบายพิษของตะกั่ว ปรอต แคดเมียมในน้ำที่มีต่อมนุษย์ได้
3. อธิบายความหมายของน้ำกระด้างชั่วคราวและน้ำกระด้างถาวรได้

กิจกรรม

1. นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงสถานการณ์การทำลายจุลินทรีย์บางชนิดตามคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
2. นักเรียนร่วมกันอภิปรายเสนอวิธีการแก้ปัญหาจากสถานการณ์และอุปกรณ์ที่กำหนดให้
3. นักเรียนร่วมกันวางแผนและทำการทดลองการทำลายจุลินทรีย์บางชนิด
4. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายสรุปผลการทดลองการทำลายจุลินทรีย์บางชนิด

5. นักเรียนนำเสนอสรุปที่ได้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่กำหนดให้ใน
คู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

สื่อการเรียนการสอน

1. คู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
2. อุปกรณ์การทดลอง

- สารละลายฟอร์มาลีน 5% - กล้องพลาสติก 2 กล้อง	- วุ้นแดง - สำลี	- น้ำซุบเนื้อ - กลูโคส
---	---	---

การประเมินผล

1. สังเกตพฤติกรรมการร่วมกิจกรรม
2. สังเกตจากการใช้อุปกรณ์ระหว่างการทดลอง
3. สังเกตจากการตอบคำถามในคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

แผนการสอนครั้งที่ 5

วิชา วิทยาศาสตร์ (ว.306)

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

เรื่อง ภาวะแวดล้อม

เวลา 2 คาบ (100 นาที)

ความคิดรวบยอด

1. ปริมาณความเข้มข้นของผงซักฟอก 0.001% ทำให้พืชน้ำเจริญเติบโตได้ดี
2. น้ำมันหล่อลื่นที่ลอยบนผิวน้ำมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำ

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายได้ว่าผงซักฟอกมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำ
2. อธิบายได้ว่าน้ำมันหล่อลื่นมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำ

กิจกรรม

1. นักเรียนศึกษาสถานการณ์ในคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์และร่วมกันอภิปรายถึงการเจริญเติบโตของพืชน้ำและปัจจัยต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำ
2. นักเรียนเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์และอุปกรณ์ที่กำหนดให้
3. นักเรียนร่วมกันวางแผนและทำการทดลองการเจริญเติบโตของแหน และน้ำมันหล่อลื่น มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำอย่างไร
4. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลการทดลองการเจริญเติบโตของแหน และน้ำมันหล่อลื่น มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำอย่างไร
5. นักเรียนนำข้อสรุปที่ได้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่กำหนดให้ในคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

สื่อการเรียนการสอน

1. คู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
2. อุปกรณ์การทดลอง
 - แท่น
 - หลอดฉีกยา
 - สารละลายผงซักฟอกเข้มข้น 0.1, 0.01, 0.001%
 - ดินสอเขียนแก้ว
 - กล้องจุลทรรศน์
 - น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว
 - หลอดทดลอง
 - แท่งแก้วคน
 - สลักรายทางกระบอก

การประเมินผล

1. สังเกตพฤติกรรมการร่วมกิจกรรม
2. สังเกตจากการใช้อุปกรณ์ขณะทำการทดลอง
3. สังเกตจากการตอบคำถามในคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

แผนการสอนครั้งที่ 6

วิชา วิทยาศาสตร์ (ว.306)

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

เรื่อง ภาวะแวดล้อม

เวลา 2 คาบ (100 นาที)

ความคิกรวมย่อ

ในอากาศมีก๊าซพิษจำนวนมากมาย เช่น คาร์บอนมอนอกไซด์ ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และไนโตรเจนไดออกไซด์ ที่เป็นอันตรายต่อมนุษย์

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. ออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ได้
2. ออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ได้
3. อธิบายพิษของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ในไนโตรเจนไดออกไซด์และ คาร์บอนมอนอกไซด์ได้

กิจกรรม

1. นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงก๊าซพิษต่าง ๆ ในบรรยากาศโดยใช้สถานการณ์ที่กำหนดให้ในคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เพื่อศึกษาปัญหาจากสถานการณ์
2. นักเรียนร่วมกันอภิปรายเสนอวิธีการที่จะแก้ปัญหาจากสถานการณ์และอุปกรณ์ที่กำหนดให้
3. นักเรียนร่วมกันวางแผนและทำการทดลองเตรียมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์พร้อมการทดสอบ
4. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลการทดลองเตรียมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ และก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์พร้อมการทดสอบ

5. นักเรียนนำข้อสรุปที่ได้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่กำหนดให้
ในคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

สื่อการเรียนการสอน

1. คู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
2. อุปกรณ์การทดลอง
 - ทองแดงซึบ
 - กรวยกลีตมีส
 - ตะกั่ว
 - ถ้วยพลาสติก
 - หลอดทดลองขนาดกลาง
 - กรดซัลฟูริก
 - หลอดทดลองพร้อมหลอดนำก๊าซ
 - ขาค้างและที่จับหลอดทดลอง
 - กรดไนตริก

การประเมินผล

1. สังเกตพฤติกรรมการร่วมกิจกรรม
2. สังเกตจากการตอบคำถามในคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
3. สังเกตจากการตอบคำถามในคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

แผนการสอนครั้งที่ 7

วิชา วิทยาศาสตร์ (ว.306)

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

เรื่อง ภาวะแวดล้อม

เวลา 2 คาบ (100 นาที)

ความคิดรวบยอด

1. ในบุหรืมีสารพิษหลายชนิดที่ทำอันตรายต่อสุขภาพของผู้สูบบุหรี่และผู้อยู่ใกล้ชิด
2. ในอากาศมีจุลินทรีย์จำนวนมากที่สามารถทดสอบได้

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. ออกแบบการทดลองและทดลองหาสารพิษในควันบุหรืได้
2. ทำการทดลองหาจุลินทรีย์ในอากาศได้

กิจกรรม

1. นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงสารพิษในควันบุหรืและจุลินทรีย์ในอากาศโดยใช้สถานการณ์ที่กำหนดให้ในคู่มือแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เพื่อศึกษาถึงปัญหาจากสถานการณ์
2. นักเรียนร่วมกันอภิปรายเสนอวิธีการที่จะแก้ปัญหาจากสถานการณ์และอุปกรณ์ที่กำหนดให้
3. นักเรียนร่วมกันวางแผนการทดลองและทำการทดลองหาสารพิษในควันบุหรืและทดสอบจุลินทรีย์ในอากาศ
4. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลการทดสอบหาสารพิษในควันบุหรืและทดสอบจุลินทรีย์ในอากาศ
5. นักเรียนนำข้อสรุปที่ได้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่กำหนดให้ในคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

สื่อการเรียนการสอน

1. คู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
2. อุปกรณ์การทดลอง

- บุหรี่กันกรอง - ไม้ขีด - น้ำชุบเนื้อ - กลูโคส - กลองพลาสติก	- บุหรี่ธรรมดา - กระดาษชำระขาว - แป้งมัน - พอร์มาลีน - ตะเกียง
---	--

การประเมินผล

1. สังเกตพฤติกรรมการร่วมกิจกรรม
2. สังเกตจากการใช้อุปกรณ์ระหว่างการทดลอง
3. สังเกตจากการตอบคำถามในคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

แผนการสอนครั้งที่ 8

วิชา วิทยาศาสตร์ (ว.306)

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

เรื่อง ภาวะแวดล้อม

เวลา 2 คาบ (100 นาที)

ความคิดรวบยอด

1. ในดินมีจุลินทรีย์ที่ย่อยสลายซากพืชซากสัตว์ในดินได้ แต่สารบางชนิดจุลินทรีย์ก็ย่อยไม่ได้
2. เสียงมีอิทธิพลต่อการทำงาน เสียงดังเกินไปทำให้ประสิทธิภาพการทำงานต่ำลง

จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม

1. อธิบายได้ว่าดินเสีย คือดินที่เป็นกรดสูงหรือมีปริมาณเกลือแร่ตกค้างในดินมาก
2. สรุปได้ว่าวัตถุที่ไม่เน่าเปื่อยยุพังทำให้ดินเสียได้
3. บอกความหมายของความถี่เสียงและความเข้มของเสียงได้
4. ออกแบบการทดลองและทำการทดลองเพื่อพิสูจน์ว่าเสียงมีผลต่อการทำงาน

กิจกรรม

1. นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงวัตถุในดินโดยใช้สถานการณ์ที่กำหนดให้ในคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เพื่อศึกษาถึงปัญหาจากสถานการณ์
2. นักเรียนร่วมกันเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์และอุปกรณ์ที่กำหนดให้

3. นักเรียนร่วมกันวางแผนและทำการทดลองการนำเบี่ยงผู้ฟังของวัตถุบางชนิดในกิน
4. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลการทดลองการนำเบี่ยงผู้ฟังของวัตถุบางชนิดในกิน
5. นักเรียนนำข้อสรุปที่ได้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่กำหนดให้ในคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
6. นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงลักษณะของมลพิษทางเสียงโดยใช้สถานการณ์ที่กำหนดให้ในคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เพื่อศึกษาถึงปัญหาจากสถานการณ์
7. นักเรียนร่วมกันเสนอแนวทางในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์และอุปกรณ์ที่กำหนดให้
8. นักเรียนร่วมกันวางแผนและทำการทดลองหาชนิดและความถี่ของเสียงที่มีผลการทำงาน
9. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปผลการทดลองหาชนิดและความถี่ของเสียงที่มีผลต่อการทำงาน
10. นักเรียนนำข้อสรุปที่ได้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่กำหนดให้ในคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

สื่อการเรียนการสอน

1. คู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
2. อุปกรณ์การทดลอง

- ชากแมลง	- ขาวสุก	- ตะปู
- ใบไม้แห้ง	- พลาสติก	- ผ้าขาวบาง
- กระดาษขาว	- กระดาษดิน	- แผ่นพลาสติกใส
- ยางรัก	- ดินร่วน	- วิทยุ
- ชุดคำบอก	- กระดาษบันทึก	

การประเมินผล

1. สังเกตพฤติกรรมการร่วมกิจกรรม
2. สังเกตจากการใช้อุปกรณ์และทำการทดลอง
3. สังเกตจากการตอบคำถามในคู่มือฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ภาคผนวก ก

ชุดฝึกแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เรื่องภาวะแวดล้อม

การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ความหมาย

การแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งสำคัญในกระบวนการเรียนรู้ เพราะจะช่วยให้สามารถแก้ปัญหาต่าง ๆ ได้ การแก้ปัญหาจำเป็นต่ออาชีพข้อเท็จจริง นอกจากนี้ยังจำเป็นต่อรู้จักสังเกตพิจารณาเลือกหาแนวทางที่เป็นประโยชน์ต่อการแก้ปัญหา การแก้ปัญหาเป็นกรรมวิธีที่สำคัญของนักวิทยาศาสตร์ที่ใช้เป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้

วิธีการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ มี 5 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นระบุปัญหา หมายถึง การยอมรับปัญหาเพื่อเป็นจุดประสงค์ของการศึกษาค้นคว้า
2. ขั้นเสนอแนวทาง หมายถึง การหาแนวทางในการแก้ปัญหาจากประสบการณ์เดิมและความคิดใหม่ ๆ
3. ขั้นวางแผนการทดลองและดำเนินการทดลอง หมายถึง การออกแบบ การทดลองและดำเนินการทดลองเพื่อแก้ปัญหา
4. ขั้นสรุปผล หมายถึง การนำผลการทดลองมาสรุปเป็นความรู้ใหม่
5. ขั้นนำไปใช้ หมายถึง การนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาใหม่ที่เกิดขึ้น

คู่มือการฝึกการแก้ปัญหาวางวิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

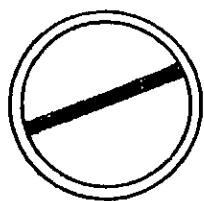
เรื่อง ภาวะแวกกล่อม

โดย

อ.อภิรักษ์ สุวีรานนท์

ชื่อ
ชั้น
เลขที่

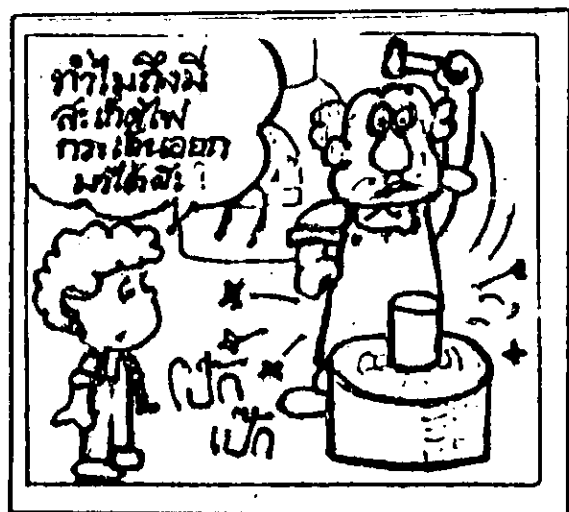
จงศึกษาผลงานของนักวิทยาศาสตร์ต่อไปนี้
แล้ววิเคราะห์ว่า การทำงานเป็นไปตาม
ขั้นตอนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์อย่างไร



โฮมส์ แอลวา เอดิสัน

(เจ้าของลิขสิทธิ์มากกว่า 1300 ปี)

เอดิสัน เป็นนักประดิษฐ์ยิ่งใหญ่ชาว อเมริกา (พ.ศ. 2390-2474) เอดิสันสนใจปัญหาต่าง ๆ มาตั้งแต่เด็ก โดยเฉพาะเรื่องเกี่ยวกับสิ่งรอบตัวตามธรรมชาตินี้เสียอีก อย่างหนึ่งของเอดิสันคือ ชอบซักถามปัญหาที่พบ.
จนแล้วราคาญ !



วันหนึ่ง เอดิสัน หน้อยจอม
ซักจนได้จุดไฟเผาหัวแห่ง
โตนอย่าง สกอลันาน เมื่อ
คุณครูมาพบเข้า ก็กับตลึง
จึงตีเอดิสัน พร้อมกับเอา
เชือกมัดไฟทำให้เอดิสัน-
มีตามแมลงก็จาว ทำไม ทำ
อะไรไฟไฟ



ด้วยความอยากรู้ อยากเห็น
ทำให้ เอดิสัน ไม่ยอมยอม-
จำยอม แต่หมักเป็นหมัก
เสียเองมากกว่า จนเป็นที่
น่าพอใจของตัว



บางตัว เอดิสัน ก็
ทำโทมัส อย่างรุนแรง
เพราะ ความอยาก
อยากเห็น



มารดาของ เอ็ดสัน ทราบดีว่า เอ็ดสันจะชอบ
 คิดจนเข้าใจ ดีเสียก่อน จึงจะยอมซื้อ
 ในสิ่งที่ออกมา หรืออาจกล่าวได้ว่า เอ็ดสัน
 เป็นเด็กที่คิดหากล้าหา ในตัวเองได้



วิชาที่เข่น้อย เอ็ดสันชอบที่สุดคือ วิชาเคมี เอ็ดสันได้
 ขอร้องให้บิดาที่บ้านเป็นห้องทดลอง เฉล: บิดาซื้อ
 "ห้อง ลีจย เอ็ดสัน" เริ่มทำการทดลองอย่างจริงจังโดย
 ไม่สนใจเรียนในโรงเรียนเลย. !





ไม่ทันจบชั้นประถม
ก็ย้ายมาที่ เอดิสัน
ก็ถูกเชิญให้ออกจาก
โรงเรียนด้วยสาเหตุ
ต่างๆ ว่า มีเพื่อน
ไม่สามารถเรียนได้!

ด้วยความสามารถที่
ฉลาดมากของเขานั้น เมื่อ
อายุเพียง 12 ปีจึงต้องไป
เป็นเด็กขายหนังสือพิมพ์
ไปรษณีย์ และ ไปรษณีย์
เก็บของในรถไฟนั้นเอง เป็น
น้องกวดอล ในชั้น ๘ เวลาว่าง



ในวันหนึ่ง เกิดอุบัติเหตุไฟไหม้ เนื่องจาก แร่
สังกะสีที่เชื่อมรถไฟ ทำให้ เครื่องมือของ เอดิสัน
กลายเป็นเชื้อเพลิง ดังนั้นก็ในรถไฟก็กระจัด
กระจายหายไป เอดิสัน แล้วยัง เอดิสัน อย่าง แร่
ที่กักเก็บ จึงทำให้ เอดิสัน กลายเป็นคนจนตั้งแต่วัน
นั้นมา ...

ไม่ว่าจะมีเหตุการณ์ร้ายแรง เกิดกับเขาตมฟไร
ก็ตาม ก็ไม่ทำให้เขาพ่อก้อ เขายังลงต้นดัวแหละ
ทอดองต่อไป. จนกระทั่งวันหนึ่ง...

เอ็ดสันได้ช่วยชีวิต
บุตรชายของนาย-
สทนึคนหนึ่งเอาไว้
จากอุบัติเหตุถูก
รถไฟทับ.



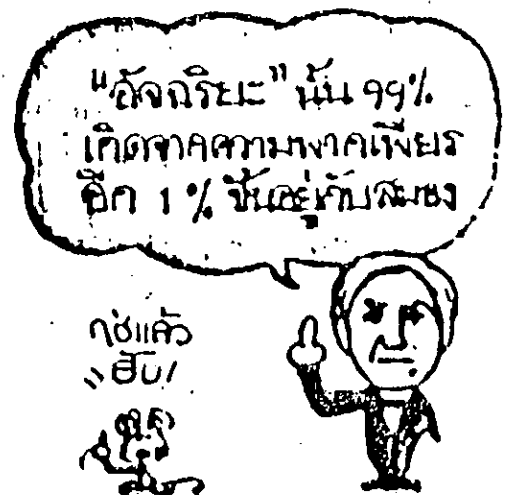
เอ็ดสันได้ศึกษาต้นตอ
จนสามารถสร้างเครื่อง
แปดสแกนเนอร์
ได้จดสิทธิบัตรสิทธิ
ในสิ่งประดิษฐ์ของเขา.
เงินค่าลิขสิทธิ์ทำให้
เอ็ดสัน สร้างผลตลอด
ชีวิต / มนใจพาร์ด
ในนิวยอร์ก



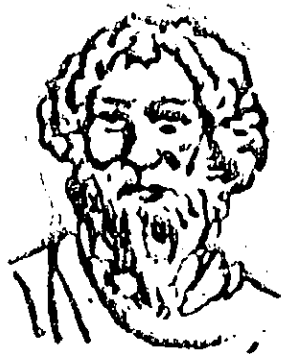
“เอดิสันได้รับฉายาว่า พ่อมดแห่งเมนโลพาร์ค.”



นอกจากนั้นเอดิสันยังประดิษฐ์สิ่งใหม่ๆ อีกกว่า
1300 ชนิด เช่น หีบลื่นๆ เครื่องถ่ายภาพยนต์
หลอดไฟฟ้า ฯลฯ



1. ปัญหาที่เอคิสันพบ คืออะไร
.....
.....
2. เอคิสันมีแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างไรบ้าง
.....
.....
.....
3. วิธีการทดลองเพื่อแก้ปัญหาที่เอคิสันใช้ คืออะไร
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
4. เอคิสันสรุปผลการทดลองว่าอย่างไร
.....
.....
.....
.....
.....
.....
5. เอคิสันนำผลที่ได้จากการแก้ปัญหาไปใช้ประโยชน์อะไรบ้าง
.....
.....
.....
.....
.....

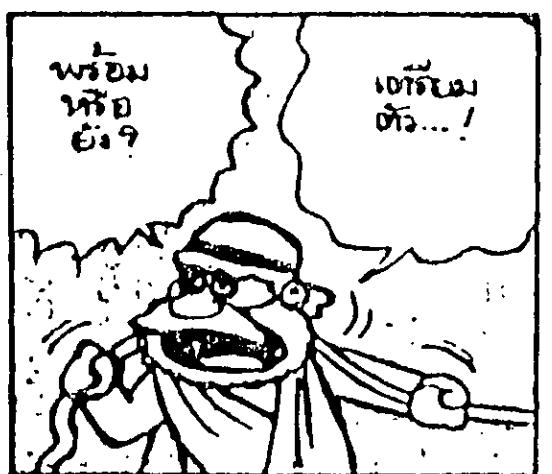


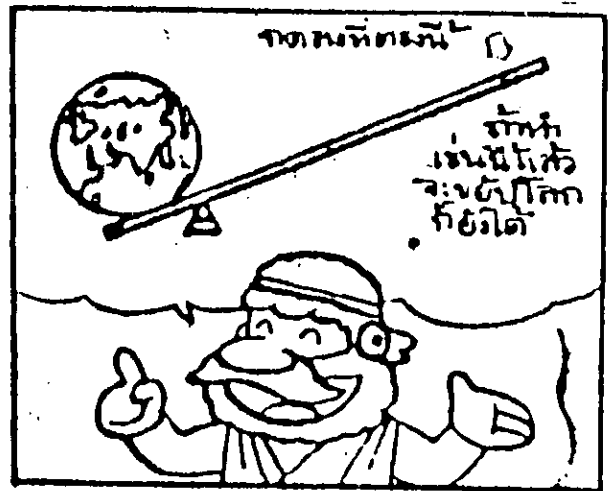
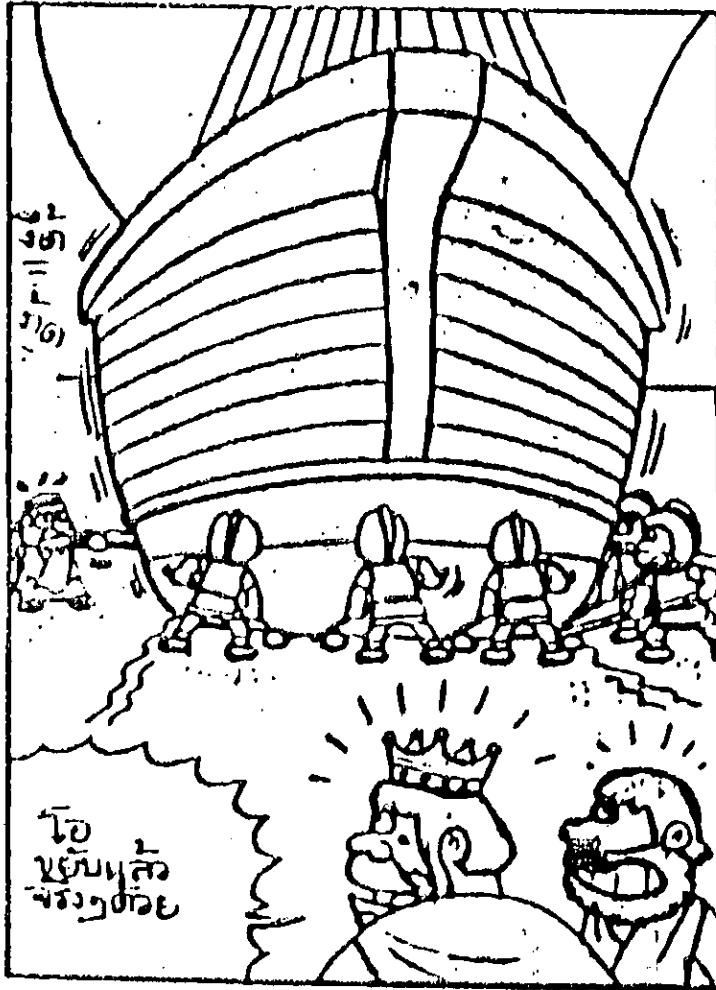
ชาร์ เดมิตัส

[ผู้ตั้งใจกับการค้นพบจรวดออกมา
จากห้องน้ำโดยไม่ใส่เสื้อผ้า]

ชาร์ เดมิตัส ผู้ค้นพบหลักของคานะดีตตามันเจด มีอายุใน
ช่วง พ.ศ. 256-331 จักรพรรดิของชาร์ เดมิตัส เป็นจักรพรรดิ
ขุนนาง แห่ง ซีราคัส และ เขาก็ คำนึงถึง เลเมดิเตอร์
เรเนียน ชาร์ เดมิตัส สนใจศึกษาเล่าเรียนมาก ทั้ง ตั้งแต่
วิธีได้เดินทางไปศึกษา วิทยาศาสตร์ ดนตรีศาสตร์ และ
ศาสตร์อื่นๆ ที่อเล็กซานเดรีย เมืองแห่งวิทยาการในอียิปต์
เมื่อกลับมาที่ ซีราคัส เขาได้ทูล กษัตริย์ แห่ง ซีราคัส ว่า...







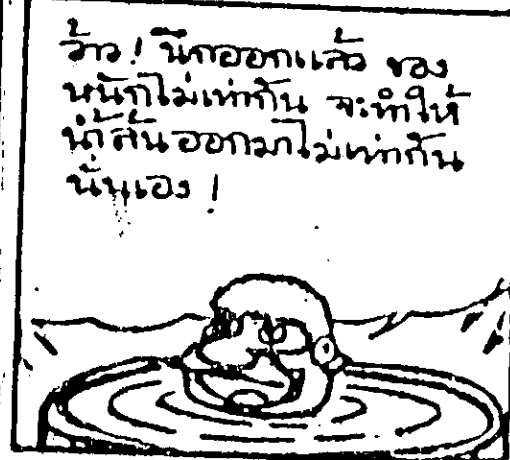
วันหนึ่งมีเหตุการณ์
เกิดขึ้น...
เมื่อพระเจ้าราชาสั่งให้
มองดูของ แต่ไม่
แน่ใจว่าของค่านั้น
เป็นทองคำแท้หรือไม่?



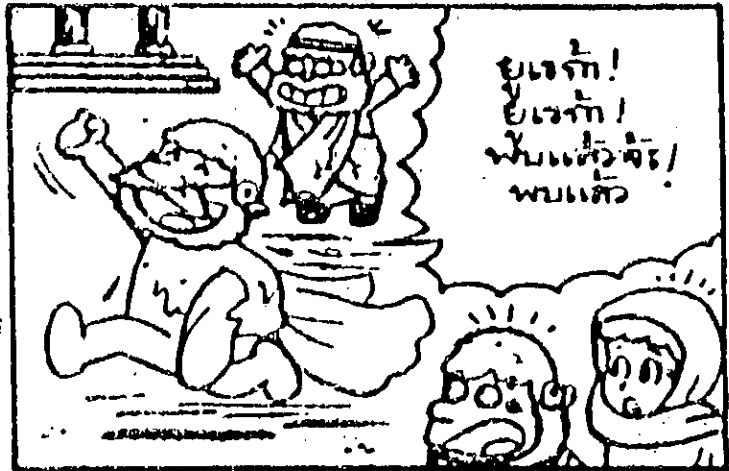
อาร์เดมิตัส กลุ้มใจมาก
ไม่รู้ว่าทำอะไรได้
จากอากาศอันร้อน
ระอ อารเดมิตัสจึง
ไปอาบน้ำเพื่อคลายร้อน



และแล้ว
ความคิด
ก็จบตัน
ลงใน
อ่างน้ำ
นั่นเอง.



✓ ด้วยความดีใจ
 อาร์เคมิตัสได้
 ออกมาจากขังน้ำ
 ตาโกนอ์บูเรดา
 ใจดีไม่ได้ใส่เสื้อ!



ยูเรก้า!
 ยูเรก้า!
 พบแล้วสิ!
 พบแล้ว!

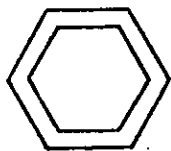
ถ้ามีเงิน
 ซื้อมันหนัก
 มากกว่าของ
 ผสมอยู่
 ปริมาณ
 ขวดเล็ก
 คมนุชมาก
 จะแพง
 มากกว่า

ว่าแก้วเขียว
 มีเงินผสม
 อยู่จริงๆ
 ด้วย!



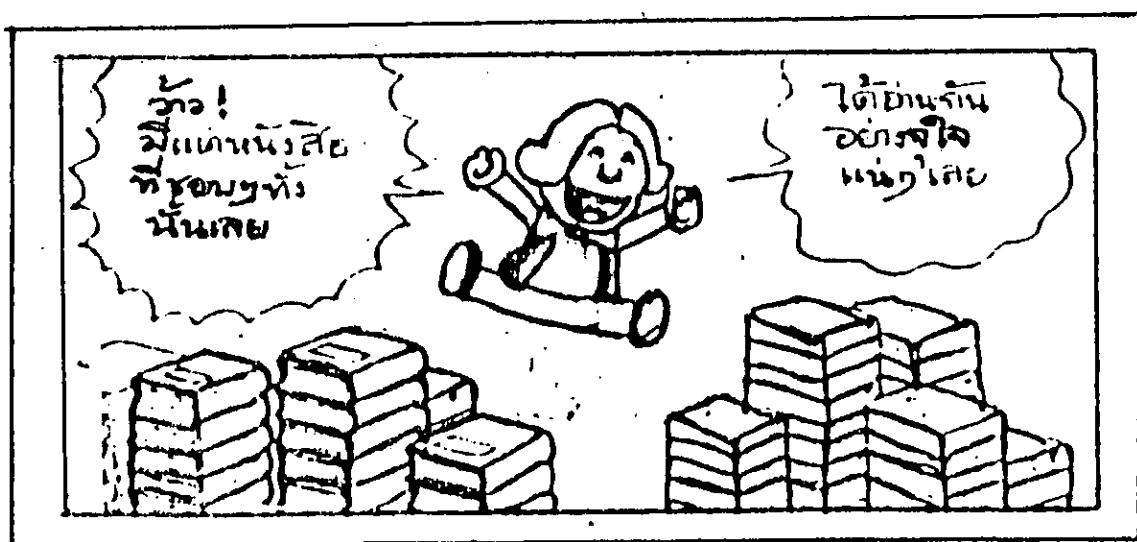
หลังจากนั้นอาร์เคมิตัสได้มีรับสั่งให้
 สรรพคนในเครื่องกลต่างๆ มากมาย แม้กระทั่งขามเกิด
 สงครามอาร์เคมิตัสกับ สรรพคนในเครื่องกลต่างๆ ได้เห็น
 สถานการณ์อันยากลำบากนี้ไม่ยอมที่จะแพ้ศึก การ/อาวุธ/สงคราม/แนว
 9 นิ้ว/ท่อนไม้/เผา/บ่ม/ข้าว/ดีก.

1. ปัญหาที่เกิดขึ้นกับอาร์เคมีคัส คืออะไร
.....
.....
.....
2. อาร์เคมีคัสมีแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างไรบ้าง
.....
.....
.....
3. วิธีการทดลองเพื่อแก้ปัญหาที่อาร์เคมีคัสใช้คืออะไร
.....
.....
.....
.....
4. อาร์เคมีคัสสรุปผลการทดลองว่าอย่างไร
.....
.....
.....
.....
5. อาร์เคมีคัสนำผลที่ได้จากการทดลองไปใช้ประโยชน์อะไรบ้าง
.....
.....
.....
.....



ไมเคิล ฟาราเดย์ (บิดาแห่งวิชาไฟฟ้า)

ไมเคิล ฟาราเดย์ ผู้ได้รับฉายาว่า บิดาแห่งวิชาไฟฟ้า
เป็นบุคคลที่มีอายุในราวปี พ.ศ. 2292-2366 มีบิดา
เป็นช่างเหล็ก ความพิภพของฟาราเดย์คือ ออกเสียง "R"
ไม่ชัด มีเรื่องมีราวจนออกจากโรงเรียน พออายุราว 15 ปี
ฟาราเดย์ ได้ทำงานเป็นเด็กเดินหนังสือ ในโรงงาน
เก็บเล่มหนังสือ และเรื่องรักในกรณีนั้นชีวิต เป็นนัก-
วิทยาศาสตร์ ก็เริ่มขึ้น ...

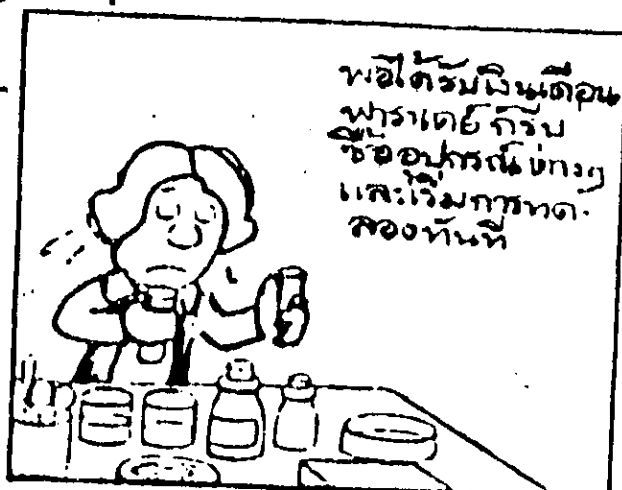


ในเวลาว่าง ฟาราเดย์ จะอ่านหนังสือที่นำมาที่เล่ม
ที่โรงงานก็หาทำมาอยู่ เป็นประจำ

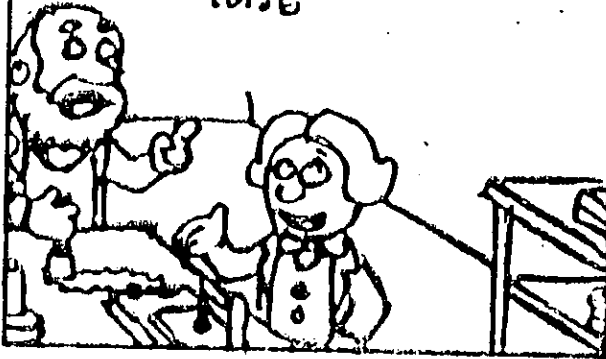


การทรมาน
กำลังทวีคูณ และ
สติมันหายไป
เริ่มท้อในใจ
เพราะ...ตามลำพัง

การทดลองอย่างระมัดระวัง
มีตามระมัดระวัง เพราะ
อุปกรณ์ทุกอย่างได้มาด้วย
ขนาด/วิธี 115064.



ปีพ.ศ. 2356 ฟลาตต์ทำงาน เป็น
ผู้ช่วยงานวิจัยของ เซอร์ ฮัมฟรี
เดวี



ปีพ.ศ. 2302 ชาร์ลส์ เซอร์สเตด
พบว่าเมื่อมีการเคลื่อนไฟฟ้าในลวดจะเกิด
สนามแม่เหล็กไฟฟ้าเกิดขึ้นเป็นทิศทาง



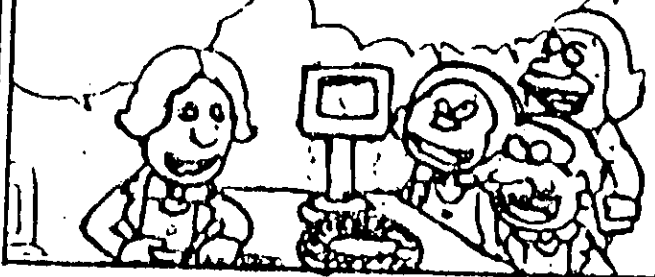
เอ... ถ้าเช่นนั้น
ในทฤษฎีสนามไฟฟ้า
จะเพิ่มเทคนิคทำให้
เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้น
ก็ใช้ได้



จากดราม่าสนใจ ในวิชาเคมีตั้งแต่นั้น -
แมกซ์ เวินทอฟฟ์ แมกซ์ เนลล์ ได้อธิบาย
"การหมุนของแม่เหล็กไฟฟ้า" ให้สมบูรณ์
บันทึกของเราก็คงไม่ด้วยคำว่า
"ไม่มีผลอะไรเกิดขึ้น"

ดูเขื่อนที่
น้ำกำลัง
เตรียมตัว
ขึ้นก็

เอ... เขื่อนที่
น้ำกำลังเตรียมตัว
ขึ้นก็



จนกระทั่งวันหนึ่งของปีพ.ศ. 2374
ฟาราเดย์ก็ทำได้สำเร็จโดยเขื่อน
ที่ได้ว่า "แม่เหล็กทำให้เกิดกระแสไฟฟ้า
ได้จริงๆ" แมกซ์ เนลล์ เนลล์
ทำงานของ ฟาราเดย์ หน้า 106

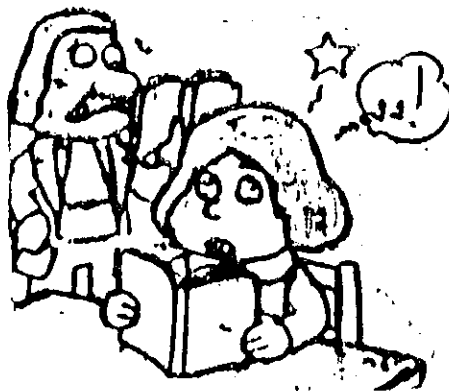
1. พาราเกย์ค้นพบปัญหาอะไรบ้าง
.....
.....
.....
.....
2. พาราเกย์มีแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างไรบ้าง
.....
.....
.....
.....
3. วิธีการทดลองเพื่อแก้ปัญหาที่พาราเกย์ใช้ คืออะไร
.....
.....
.....
.....
4. พาราเกย์สรุปผลการทดลองว่าอย่างไร
.....
.....
.....
.....
5. พาราเกย์นำผลที่ได้จากการทดลองไปใช้ประโยชน์อะไรบ้าง
.....
.....
.....
.....



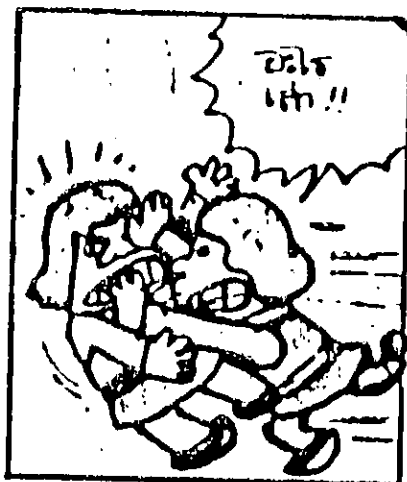
เซอร์ ไอแซค นิวตัน

(ผู้ไม่ย่อท้อหนังสือทั้งชุดนอน)

มีอายุในราว พ.ศ. 2185-2270 มีตาซ้ายตั้งแต่เด็ก
 อมผัสสัมผัสแต่ความไม่แน่นอน เมื่อในวัยเด็กมีนิสัย
 เจริญวิเศษคือเขา ไม่สนใจวิชาเรียนหนังสือไม่เก่ง
 ได้รางวัลจากแม่

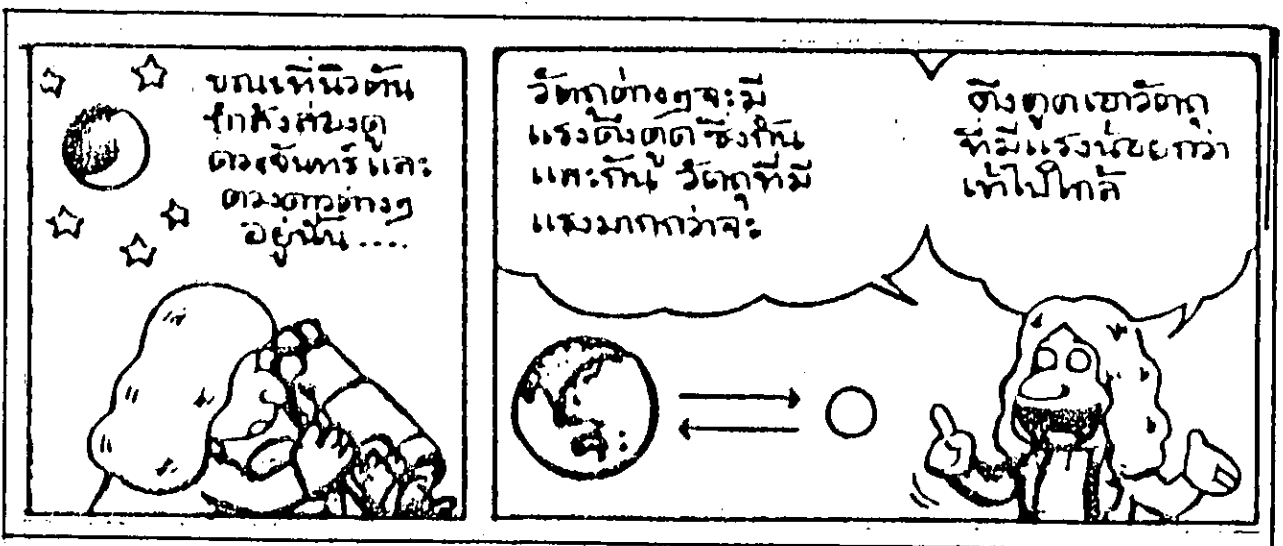
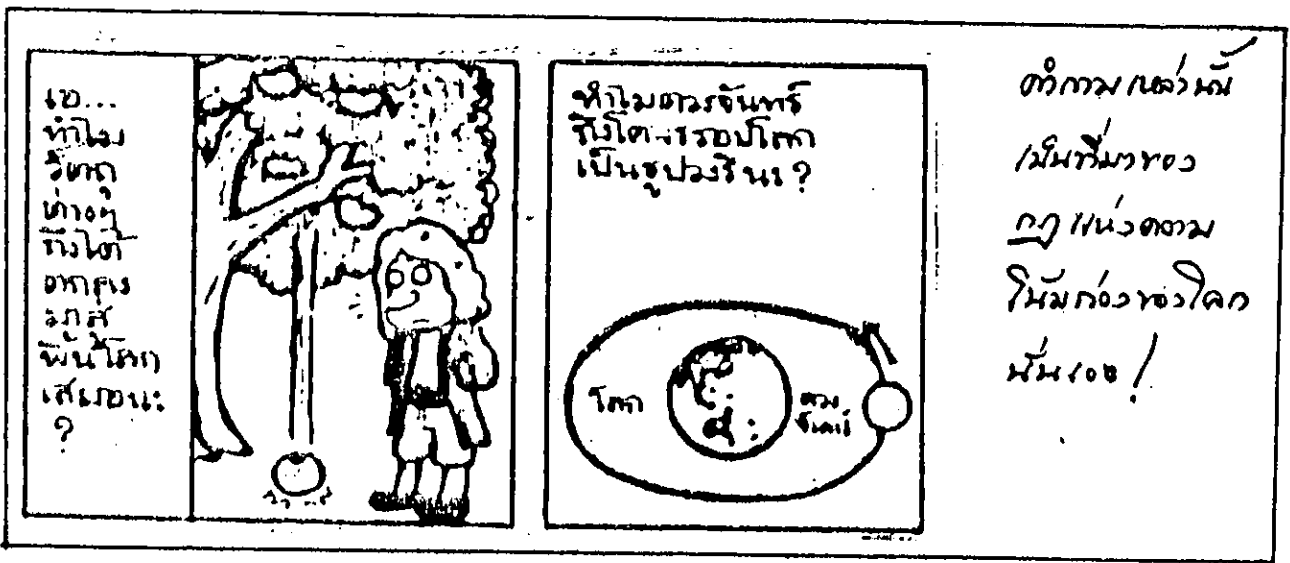


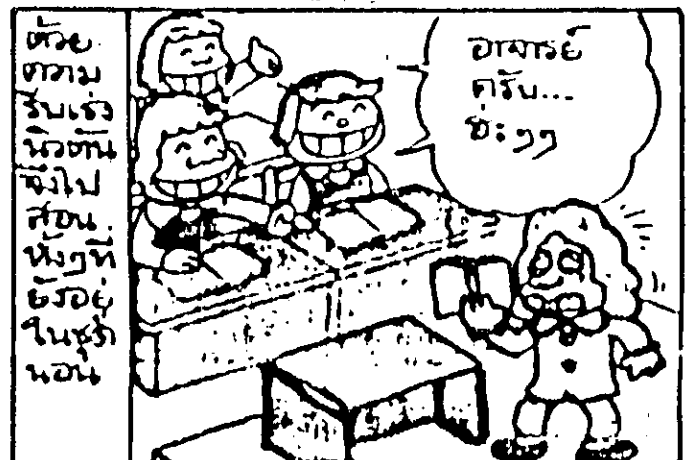
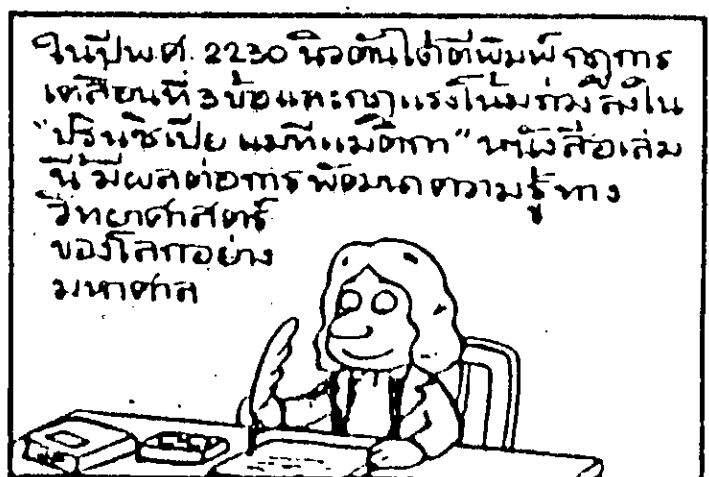
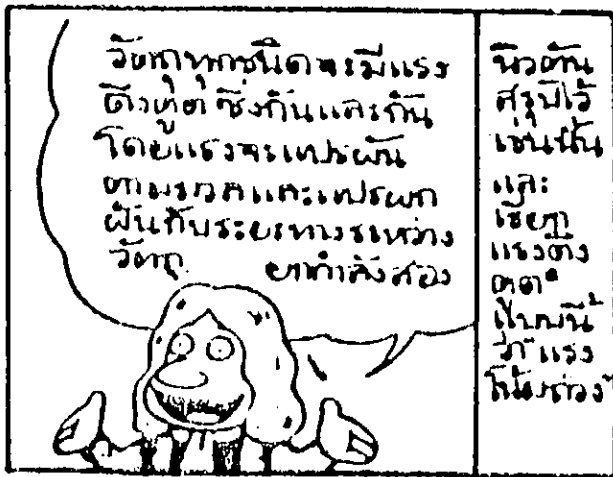
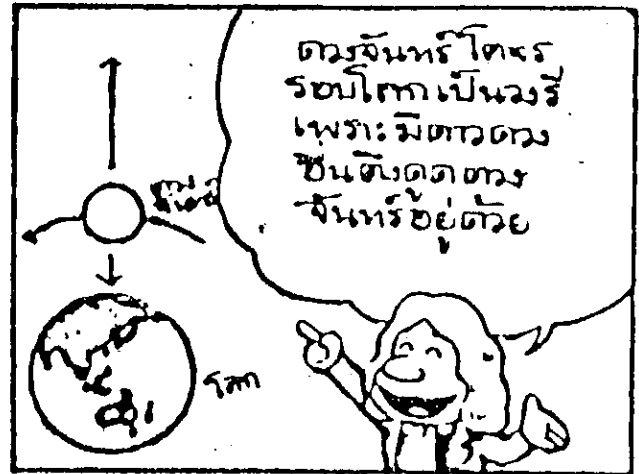
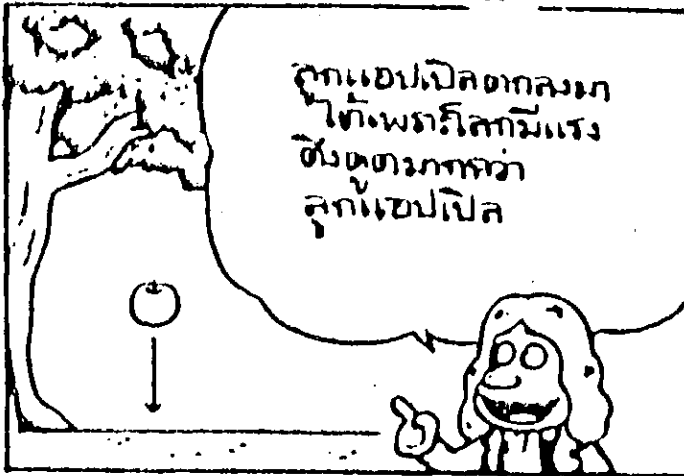
ตอนที่เรียนมัธยม วันหนึ่ง เห็นพี่ นิดตัน กำลังเล่นกลิมกัน
ก็ถูกเด็กแถวหน้าเตะที่หัว พี่ นิดตันไม่ยอม
มีเรื่องกับใคร เสร็จวันนั้น แม่บอก!



เหตุการณ์ในวันนั้น ทำให้ นิดตัน เกิดความเขินอาย และ
พยายาม ตีกลับมาแล้วเรียน จนผลการเรียนดีขึ้นเป็นลำดับ !







1. ปัญหาที่นิวตันค้นพบ คืออะไร
.....
.....
.....
2. นิวตันมีแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างไรบ้าง
.....
.....
.....
3. วิธีการทดลองเพื่อแก้ปัญหาที่นิวตันใช้ คืออะไร
.....
.....
.....
4. นิวตันสรุปผลการทดลองว่าอย่างไร
.....
.....
.....
5. นิวตันนำผลที่ได้จากการทดลองไปใช้ประโยชน์อย่างไรบ้าง
.....
.....
.....

จึงออกแบบการทดลองและดำเนินการทดลองตาม
กระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์จากสถานการณ์
ต่าง ๆ เหล่านี้ ด้วยวิธีการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

"ในปัจจุบันเทคโนโลยีได้เข้ามามีบทบาทอย่างมากในการพัฒนาประเทศ ทำให้มีการเปลี่ยนแปลงทั้งทางด้านวิถีความเป็นอยู่ของประชากร ตลอดจนเศรษฐกิจและสังคม นอกจากนี้ยังมีผลทำให้ภาวะแวดล้อมต่าง ๆ เกิดการเปลี่ยนแปลงตามมาด้วย เช่น น้ำในแม่น้ำลำคลองเกิดการเน่าเสีย ทำให้เกิดความเสียหายแก่สิ่งมีชีวิตที่อยูในน้ำ รวมถึงความเดือดร้อนของประชาชนนานับประการ "

1. จากสถานการณ์ข้างต้นเทคโนโลยีมีส่วนทำให้ภาวะแวดล้อมเปลี่ยนแปลงได้อย่างไร
.....
.....
2. นักเรียนคิดว่าอะไรบ้างที่เป็นสาเหตุให้น้ำเกิดการเน่าเสีย
.....
3. น้ำที่เน่าเสียมีลักษณะที่สังเกตได้อย่างไร
.....
4. เพราะเหตุใดสิ่งที่มีชีวิตที่อาศัยอยู่ในบริเวณที่มีน้ำเสียจึงตาย
.....
5. จากข้อ 4 นักเรียนจะตั้งสมมติฐานเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างไร
.....
6. ถ้ากำหนดอุปกรณ์ต่อไปนี้ให้

- ยีสต์	- หลอดทดลองขนาดกลาง 3 หลอด
- น้ำมัน	- แท่งแก้วสำหรับคน
- น้ำ	- นาฬิกาจับเวลา
- สารละลายเมธิลีนบลู (อินดิเคเตอร์บอกการเปลี่ยนแปลงของออกซิเจน)	

ให้นักเรียนออกแบบการทดลองที่จะตรวจสอบว่าออกซิเจนเป็นสาเหตุที่ทำให้น้ำเสีย
จริงหรือไม่

.....

7. ยีสต์มีความสำคัญต่อการทดลองนี้อย่างไร
8. น้ำนมมีส่วนเกี่ยวข้องกับยีสต์อย่างไร
9. นักเรียนจะกำหนดให้ตัวแปรต้นคือ
- ตัวแปรตามคือ
- ตัวแปรควบคุมคือ
10. เมื่อนักเรียนทำการทดลองแล้วให้บันทึกผลลงในตารางต่อไปนี้

หลอดที่	ปริมาณ (cm^3)			เวลาเริ่มต้น	เวลาที่เมธิลีนบลู จางหายไป	เวลาที่ใช้ทั้งหมด (นาที)
	นม	ยีสต์	น้ำ			
1						
2						
3						

ถ้านักเรียนหยกเมธิลีนบลูลงในน้ำนมอย่างเดียวกว่าจะเกิดการ เปลี่ยนสีหรือไม่

11. น้ำที่เค็มลงไปเพื่อวัตถุประสงค์ใด
12. สีของเมธิลินบลูหลอดไตจางไปเร็วที่สุด นักเรียนคิดว่าเป็นเพราะเหตุใด
13. เมธิลินบลูเป็นสารอินดิเคเตอร์ที่บอกการเปลี่ยนแปลงปริมาณออกซิเจน โดยที่ไม่ไปสัมผัสกับออกซิเจนจะให้สีฟ้า ดังนั้นจากการทดลองของนักเรียนหลอดไตที่มีปริมาณออกซิเจนอยู่น้อยที่สุด
14. จากผลการทดลองนี้นักเรียนจะสรุปได้ว่าอย่างไร
15. ในกรณีที่น่าสนใจในแม่น้ำลำคลองเกิดการเน่าเสียแสดงว่าเกิดจากสาเหตุใด
16. เมื่อเราทิ้งขยะสิ่งปฏิกูลลงไปในน้ำเพราะเหตุใดจึงทำให้น้ำเสียได้
17. จุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำเปรียบเหมือนกับสิ่งใดในการทดลองที่ผ่านมา
18. น้าเนมเป็นสิ่งที่ทำให้ยีสต์เจริญเติบโต ในทำนองเดียวกันนักเรียนคิดว่าสิ่งที่ทำให้จุลินทรีย์ในน้ำเจริญเติบโตคืออะไร.

ความรู้เพิ่มเติม

การหาปริมาณออกซิเจนในน้ำวิธีหนึ่งก็คือหาปริมาณออกซิเจนที่ละลายอยู่ในน้ำ โดยตรงซึ่งปริมาณออกซิเจนดังกล่าวเรียกว่า ดีโอ ถ้าน้ำมีค่าดีโอต่ำกว่า 3 มิลลิกรัม/ลิตร จักว่าเป็นน้ำเสีย

ส่วนอีกวิธีหนึ่ง คือ การหาปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ในน้ำต้องการหรือเรียกอีกอย่างหนึ่งว่า ค่าบีโอดี ซึ่งก็คือปริมาณออกซิเจนที่เข้าไปในการย่อยสลายสารอินทรีย์ในน้ำที่อุณหภูมิ 20 องศาเซลเซียส ในที่ที่ไม่มีแสงสว่างเป็นเวลา 5 วัน น้ำที่มีค่าบีโอดีสูงกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร จัดว่าเป็นน้ำเสีย

ตารางแสดงค่าบีโอดี และอัตราการไหลของน้ำทิ้งจากโรงงานต่าง ๆ

โรงงาน	บีโอดี (มิลลิกรัม/ลิตร)	อัตราการไหล (1000 ลิตร/ชม.)
โรงงานกระดาษกาญจนบุรี	203	500
โรงงานกระดาษบ้านโป่ง	195	1000
โรงงานน้ำตาล 1 ราชบุรี	39	4000
โรงงานน้ำตาล 2 ราชบุรี	47	5000
โรงงานน้ำตาลชลบุรี	74	4000

1. จากตารางน้ำจากโรงงานใดจัดเป็นน้ำเสียมากที่สุด เพราะเหตุใด
2. อัตราการไหลของน้ำมีผลต่อน้ำเสียอย่างไร
3. ถ้านักเรียนต้องการที่จะทราบว่าในน้ำมีจุลินทรีย์จริงหรือไม่นักเรียนจะทดสอบได้อย่างไร ถ้ากำหนดอุปกรณ์ต่อไปนี้มาให้
 - น้ำกลุ่น 15 ลูกบาศก์เซนติเมตร
 - น้ำประปา 5 หยด
 - หลอดทดลอง 3 หลอด
 - สำลี
 - น้ำซูป 15 หยด
 - น้ำจากสระ 5 หยด
 - ตะเกียงอัลกอฮอล์

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. จากการทดลองนี้นักเรียนจะตั้งสมมติฐานว่าอย่างไร

.....

ตัวแปรต้น

ตัวแปรตาม

ตัวแปรควบคุม

5. จุดประสงค์ของการทดลองครั้งนี้คือ

.....

6. บันทึกผลการทดลอง

หลอดที่	ของผสม	วันที่		
		1	2	3
1	น้ำกลั่น-น้ำซูป-น้ำประปา			
2	น้ำกลั่น-น้ำซูป-น้ำสระ			
3	น้ำกลั่น-น้ำซูป			

7. นักเรียนต้องต้มหลอดทดลองก่อนเพราะเหตุใด

8. จากผลการทดลองสรุปได้ว่า

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ความรู้เพิ่มเติม

จุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำมีหลายชนิด ถ้ามีปริมาณมาก ๆ จะทำให้น้ำเสียได้ ในการกำหนดว่าน้ำเสียหรือไม่ จึงอาจใช้วิธีนับปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์ม ซึ่งเป็นแบคทีเรียที่มีอยู่ในน้ำและล่าไส้มนุษย์ มีทั้งชนิดที่เป็นอันตรายและไม่เป็นอันตราย

อาศัยอยู่ในลำไส้ใหญ่ของคนและสัตว์ ทำหน้าที่ช่วยย่อยอาหาร เมื่อขับถ่ายจะออกมากับอุจจาระ

องค์การอนามัยโลกกำหนดปริมาณของแบคทีเรียโคลิฟอร์มดังนี้

- น้ำที่มีแบคทีเรียโคลิฟอร์มเกินกว่า 2,500 เซลล์ต่อ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ไม่เหมาะที่จะลงไปว่ายน้ำ
- น้ำที่มีแบคทีเรียโคลิฟอร์มเกิน 10,000 เซลล์ต่อ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร ไม่เหมาะที่จะสูบมาทำน้ำประปา
- น้ำดื่มมาตรฐานกำหนดให้มีแบคทีเรียโคลิฟอร์มได้เพียง 1 เซลล์ต่อ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร เท่านั้น

แบคทีเรีย 1 เซลล์ จะขยายพันธุ์เพิ่มปริมาณมากขึ้นจนเป็นกลุ่ม มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า แต่ละกลุ่มเรียกว่า โคโลนี

- ถ้านักเรียนต้องการหาปริมาณของแบคทีเรียในน้ำ โดยวิธีง่าย ๆ จะทำอย่างไร

.....

.....

.....
 - การวางแผนปริมาณแบคทีเรียที่พบในเครื่องดื่มและอาหารบางชนิดก่อนน้ำ 100 cm³

น้อยกว่า 100 โคโลนี	ประมาณ 100-10,000 โคโลนี	มากกว่า 10,000 โคโลนี
น้ำประปา น้ำอืดลม	น้ำกรอง น้ำฝน น้ำแข็งใส่น้ำชา	น้ำหวาน ไอศกรีมกะทิ น้ำปลา

เพราะเหตุใดน้ำฝนจึงเป็นน้ำที่มีแบคทีเรียอยู่เป็นจำนวนมาก

แบบฝึกหัด

- ค่าบีไอซี หมายถึงข้อใด
 - ปริมาณออกซิเจนที่มีอยู่ในน้ำ
 - ปริมาณจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำ
 - ปริมาณออกซิเจนที่สิ่งมีชีวิตในน้ำต้องการ
 - ปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ใช้ย่อยสลายสารอินทรีย์
- น้ำเสีย คือ น้ำที่มีค่าบีไอซีเท่าไร
 - น้อยกว่า 3 mg/l
 - มากกว่า 3 mg/l
 - น้อยกว่า 100 mg/l
 - มากกว่า 100 mg/l
- น้ำที่อยู่ในเมืองกับน้ำที่มีอยู่ในชนบทต่างกันอย่างไร
 - น้ำที่อยู่ในเมืองมีค่าบีไอซีสูงกว่า เพราะมีระบบการชลประทานดี
 - น้ำที่อยู่ในเมืองมีค่าบีไอซีสูงกว่า เพราะมีพืชน้ำจำนวนมาก
 - น้ำที่อยู่ในชนบทมีค่าบีไอซีสูงกว่า เพราะมีสิ่งสกปรกในน้ำน้อย
 - น้ำที่อยู่ในชนบทมีค่าบีไอซีสูงกว่า เพราะมีปลาอยู่ในน้ำจำนวนมาก

4. การกำหนดว่าน้ำเสียหรือไม่ให้ดูจากสิ่งใด

ก. ปริมาณจุลินทรีย์	ข. ปริมาณออกซิเจน
ค. อุณหภูมิ	ง. ความขุ่น
5. เมธิลินบลูใช้ทำหน้าที่อะไร

ก. เอนไซม์	ข. กระตะไลต์
ค. อินดิเคเตอร์	ง. อินฮิบิเตอร์
6. เครื่องกั้นประเภทใดมีปริมาณแบคทีเรียมากที่สุด

ก. น้ำกรอง	ข. น้ำหวาน
ค. น้ำอัดลม	ง. น้ำฝน
7. ปริมาณแบคทีเรียโคลิฟอร์มที่มีอยู่ในน้ำปริมาณเท่าไรที่กระทรวงสาธารณสุขกำหนดให้เป็นน้ำดื่มมาตรฐานได้

ก. 1 เซลล์	ข. 100 เซลล์
ค. 1,000 เซลล์	ง. 10,000 เซลล์
8. น้ำในสระแห่งหนึ่งตรวจปริมาณโคลิฟอร์มแบคทีเรียอยู่เป็นจำนวน 3000 ตัวต่อ 100 ลูกบาศก์เซนติเมตร น้ำนี้มีสมบัติอย่างไร

ก. ใช้ดื่มได้เพราะสะอาดพอ	ข. น้ำนี้ใสสะอาดลงไปว่ายน้ำเล่นได้
ค. ไม่เหมาะที่จะใช้อาบ	ง. ปริมาณแบคทีเรียน้อยจึกเป็นน้ำไม่เสีย
9. สาเหตุที่ทำให้สีทึบน้ำกายคืออะไร

ก. ขากอาหาร	ข. ขาคอกซิเจน
ค. พิษของสารเคมี	ง. กลิ่นเหม็นของน้ำ
10. ข้อใดไม่ใช่ลักษณะของน้ำเสีย

ก. โคลิฟอร์มอาศัยอยู่มาก	ข. มีตะกอนในน้ำมาก
ค. สاءหายเจริญเติบโตได้ดีมาก	ง. มีออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำมาก

เครื่องมือทางการแพทย์ก่อนที่จะใช้หรือหลังจากที่ใช้แล้วจะต้องมีการทำความสะอาด เพื่อป้องกันเชื้อโรคไม่ให้แพร่ไป หรือแม้แต่ภาชนะเครื่องมือใช้บางอย่างก็มักจะมีจุลินทรีย์บางชนิดปะปนอยู่ จึงเป็นปัญหาที่ทำให้เกิดการเน่าบูดตามมา

1. จากสถานการณ์ข้างต้นปัญหาที่เราจะต้องแก้ไข คือ
2. นักเรียนจะมีวิธีการใดบ้างที่จะทำให้ภาระที่จะใส่อาหาร ไม่มีจุลินทรีย์ปะปนเลย
3. ถ้ากำหนดอุปกรณ์ต่อไปนี้ให้เพื่อทดสอบการเน่าบูดของอาหาร นักเรียนจะดำเนินการทดสอบอย่างไร
 - ของผสมมัน
 - น้ำซูปเนื้อ
 - สารละลายฟอร์มาลิน
 - กล้องพลาสติก 2 ใบพร้อมฝา
 - ปากคีบ
 - สำลี.....
4. ถ้าน้ำของผสมมันและน้ำซูปเนื้อขณะยังอุ่นอยู่ใส่ลงไป ในภาชนะที่ปิดฝาแล้วทิ้งทิ้งไว้ จะมีเชื้อราเกิดขึ้น นักเรียนจะมีวิธีแก้ไขอย่างไร

-
5. เพราะเหตุใดในการทดลองจึงต้องปิดฝาภาชนะ
6. นักเรียนจะตั้งสมมติฐานว่าอย่างไร
-
7. ตัวแปรต้น คือ
- ตัวแปรตาม คือ
- ตัวแปรควบคุม คือ
8. บันทึกผลการทดลอง

กล่องใบที่	ผลการสังเกต			
	วันที่ 1	วันที่ 2	วันที่ 3	วันที่ 4
1				
2				

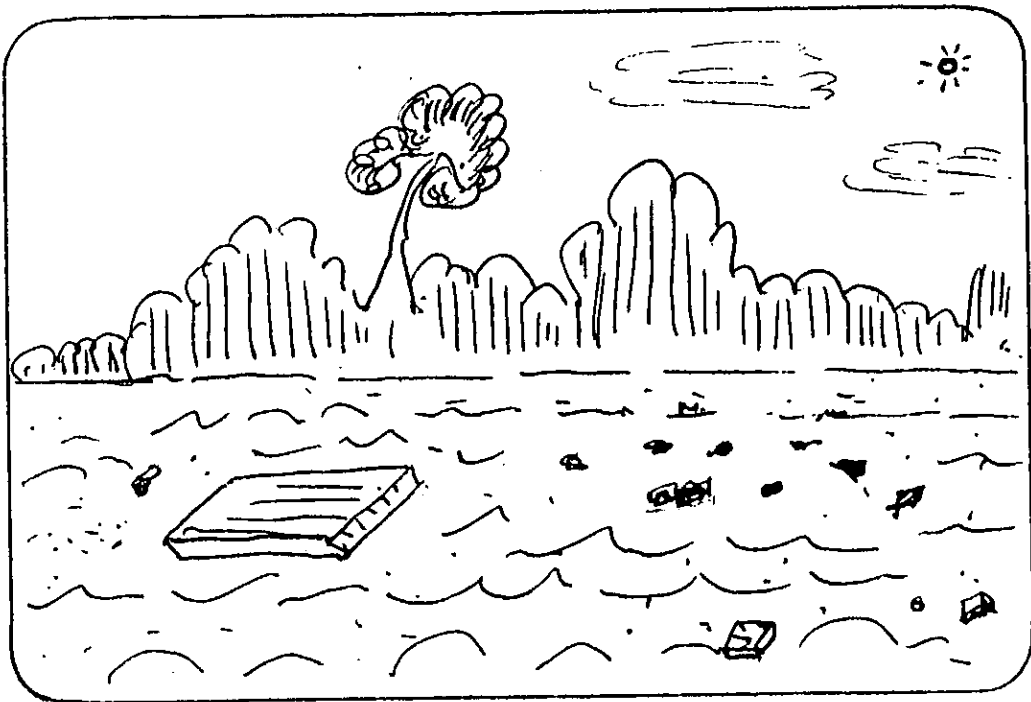
9. สรุปผลการทดลอง
-
-
-
10. ถ้านักเรียนต้องการที่จะทำลายเชื้อโรคที่บริเวณผิวหนังที่เป็นบาดแผล จะมีวิธีการอย่างไร จึงจะสะดวกและง่ายที่สุด
-
11. ในปากของคนเราจะมีแบคทีเรียคอยทำลายเหงือกและฟัน นักเรียนจะเลือกใช้น้ำชนิดใดในการทำลายแบคทีเรียเหล่านี้ได้
12. ความเข้มข้นของความีผลต่อการทำลายจุลินทรีย์หรือไม่อย่างไร
-

ความรู้เพิ่มเติม

สารเคมีที่ใช้ฆ่าเชื้อโรคแบ่งเป็น 2 อย่าง คือ แอนติเซพติกและกิสอนแฟกแทนท์

1. แอนติเซพติกใช้กับสิ่งมีชีวิต เช่น เอธิลแอลกอฮอล์ 70 % เกกทอล สารละลายไฮโครเจนเปอร์ออกไซด์ น้ำยาล้างปากชนิดต่าง ๆ สบู่ ก้างทับทิม เป็นต้น

2. กิสอนแฟกแทนท์ ใช้สำหรับสิ่งไม่มีชีวิต เช่น สารละลายโซเดียมไฮโครออกไซด์ ฟอมาลิน ฟีนอล กรดคาร์บอริก



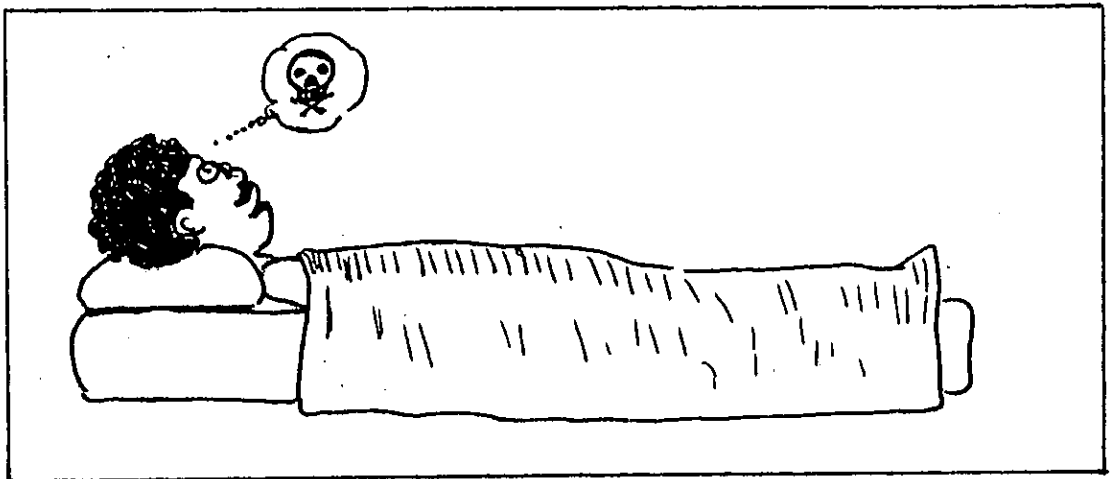
1. จากรูปนักเรียนคิดว่าปัญหาที่เกิดขึ้น คืออะไร

.....

2. อะไรคือสาเหตุที่ทำให้หน้าเกิดเน่าเสีย

.....

3. ในน้ำขรรหมชาติมีสารใดที่ละลายปะปนอยู่บ้าง
4. ทัวการโคที่อยู่ในน้ำทำให้หน้าเสียมากที่สุด
5. การใช้ปุ๋ยหรือยาปราบศัตรูพืชมีส่วนทำให้หน้าเสียหรือไม่เพราะเหตุใด
6. เหตุใดน้ำที่ทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมจึงทำให้หน้าเสียได้
7. อุณหภูมิมีส่วนเกี่ยวข้องกับน้ำเสียอย่างไร .
.....



8. จากรูปเป็นคณงานที่ทำงานอยู่ที่โรงงานผลิตปุ๋ยในโครเจน นักเรียนคิดว่าสาเหตุที่ทำให้คณงานป่วยเนื่องมาจากอะไร
9. คณงานได้รับสารพิษนี้เข้าไปทางใดบ้าง

10. ในประเทศไทยมีโรงงานทำแบคเทอรี ท่อน้ำ นักเรียนคิดว่าโรงงานเหล่านี้มีผลเสียต่อประชาชนอย่างไร
-

การวางแสดงมาตรฐานของน้ำที่เหมาะสมสำหรับการอุปโภคบริโภค

เกณฑ์ที่ใช้ทดสอบ	ปริมาณสูงสุดที่กำหนดให้	
	น้ำสำหรับบริโภค	น้ำสำหรับอุปโภค
1. โคลิฟอร์ม	1 เซล/100 cm ³	1 เซล/100 cm ³
2. บีโอจี	5	5
3. สารแขวนลอย	10	50
4. สารที่ละลายในน้ำ	200	2000
5. สารที่มีอยู่ทั้งหมดในน้ำ	500	2000
6.	6.8-7.2	6.8-7.2
7. อุณหภูมิ	40	40
8. แร่ธาตุต่าง ๆ ทั้งหมด	1.0	5
9. น้ำมัน	ต้องไม่มีเลย	15
10. สี	5	5
11. ความขุ่น	5	6

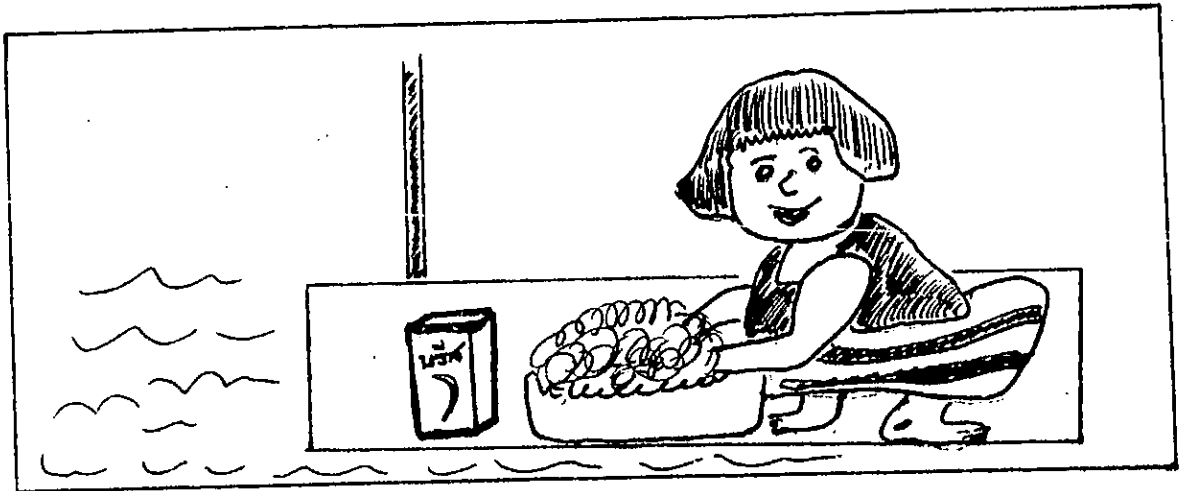
แบบฝึกหัด

1. ชาวคัสซอสมะเซียเทศที่ไ้หมกซากแล้วจะมีราและแบคทีเรีย ถ้าต้องการนำซากมาไว้จะท้องฆ่าเชื้อโรคด้วยสารใด
- ก. เกททอล ข. ฟอรัมาลีน ค. โซเดียมไฮดรอกไซด์ ง. โซเดียมคลอไรด์

2. ข้อใดเป็นสารเคมีประเภทสื่อน้ำหนัก
 - ก. ฟีนอล
 - ข. เคททอล
 - ค. ก้างทับทิม
 - ง. สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์
3. สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่ใช้ฆ่าปากมีความเข้มข้นเท่าใด
 - ก. 2%
 - ข. 5 %
 - ค. 10%
 - ง. 25 %
4. สารเคมีในข้อใดที่ใช้ในการทำลายจุลินทรีย์
 - ก. การบูร
 - ข. น้ำเกลือ
 - ค. แอมโมเนีย
 - ง. กรดคาร์บอนิก
5. วิธีสเตอร์ไลส์ทำได้อย่างไร
 - ก. เพิ่มอุณหภูมิและความกดดัน
 - ข. เพิ่มอุณหภูมิและลดความดัน
 - ค. ลดอุณหภูมิและเพิ่มความกดดัน
 - ง. ลดอุณหภูมิและลดความกดดัน
6. โรคมีนามาจะเกิดจากการแพ้อะไร
 - ก. แคลเซียม
 - ข. โปรท
 - ค. ก้ามกุ้ง
 - ง. ตะกั่ว
7. โรคอีโคโนเกิดจากการแพ้พิษของสารใด
 - ก. แคลเซียม
 - ข. โปรท
 - ค. ก้ามกุ้ง
 - ง. ตะกั่ว
8. ผู้ที่ทำงานในโรงงานผลิตแบตเตอรี่มีโอกาสได้รับสารใดเข้าสู่ร่างกายได้มาก
 - ก. โปรท
 - ข. ตะกั่ว
 - ค. แคลเซียม
 - ง. นิกเกิล
9. น้ำสำหรับบริโภคจะมีอะไรเจือปนไม่ได้เลย
 - ก. ตะกั่ว
 - ข. ซี
 - ค. น้ำมัน
 - ง. แบคทีเรียโคลิฟอร์ม

10. อาการต่อไปนี้เกิดจากการที่ร่างกายสะสมสารพิษไว้มาก "ปากท้อง เหนืออก เป็นสีคล้ำ หนักแรง เป็นอัมพาตบริเวณมือและขา"

- ก. ปรัชญา ข. ทักษะ
ค. แคลิเนียม ง. สังเกต



1. จากรูปอะไรเป็นสาเหตุที่ทำให้น้ำเสีย
2. เพราะเหตุใดพิษน้ำจึงสามารถเจริญเติบโตได้อย่างรวดเร็วทั้ง ๆ ที่มีน้ำทิ้งจากการชักล้าง
3. นักเรียนคิดว่าน้ำจากผกชักพอกมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำหรือไม่อย่างไร
4. น้ำทิ้งจากการชักเสียบในครั้งแรกกับน้ำทิ้งจากการชักเสียบในครั้งที่ 2 หรือ 3 มีผลต่อสภาพแวดล้อมในน้ำแตกต่างกันหรือไม่ (โดยเฉพาะพิษน้ำ)
5. จากข้อ 4 นักเรียนจะตั้งสมมติฐานอย่างไร
6. ถ้าต้องการจะตรวจสอบสมมติฐานที่ตั้งขึ้นจะกำหนดให้อะไรเป็นตัวแปรต้น
 ตัวแปรตาม ตัวแปรควบคุม

11. ในผงซักฟอกมีสารประกอบใดประกอบอยู่
12. จากผลการทดลองจะสรุปผลได้ว่าอย่างไร
-
-
-
-
-
13. ผักกบขาวที่อยู่บริเวณแม่น้ำเจ้าพระยามีประโยชน์หรือโทษต่อสิ่งแวดล้อมอย่างไร
-
-
14. ในการล้างสิ่งสกปรกของเครื่องจักรกลและพื้นโรงงาน ซึ่งต้องใช้ผงซักฟอกในการทำ ความสะอาด นักเรียนจะมีวิธีการกำจัดน้ำทิ้งอย่างไร
-
-
-

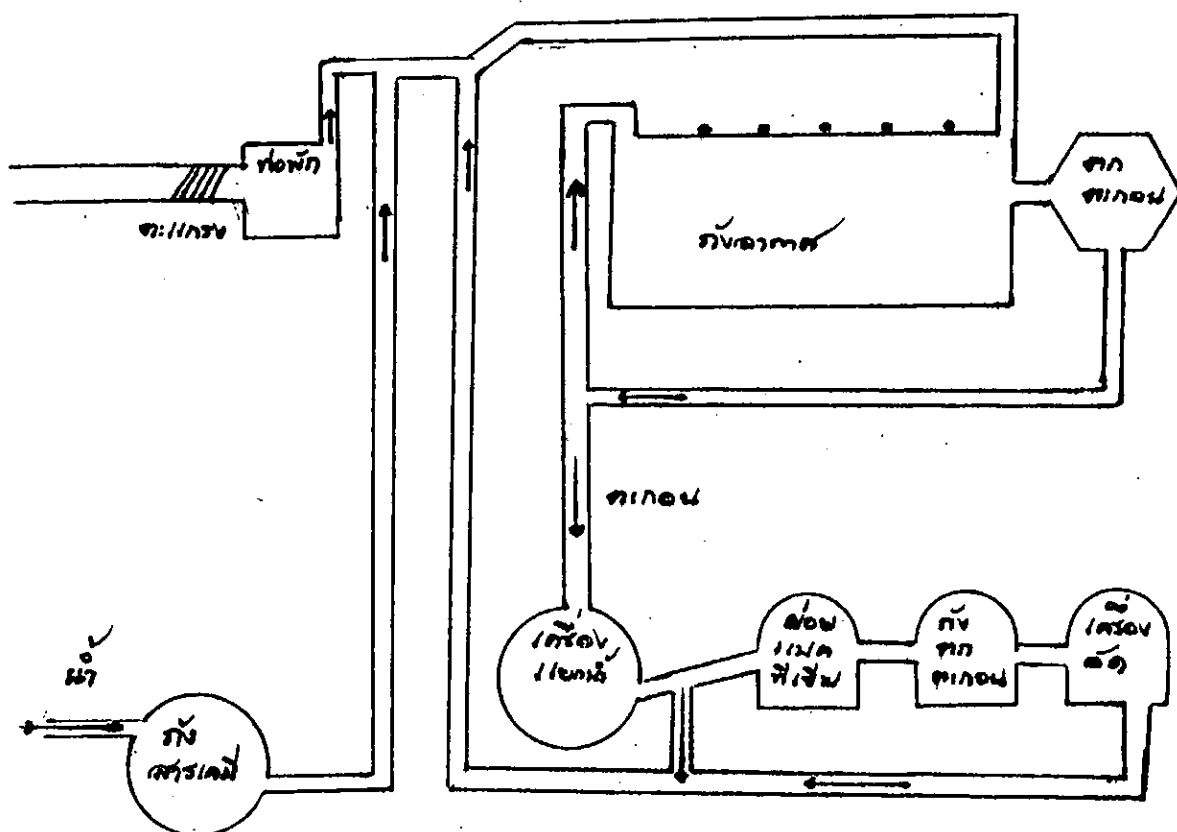
ตารางน้ำทิ้งของโรงงานอุตสาหกรรมต่าง ๆ

น้ำทิ้งจากแหล่งต่าง ๆ		อุณหภูมิ (C)	บีโอดี (mg/l)	ไนโตรเจน (mg/l)	สารประกอบฟอสเฟต (mg/l)
โรงงานสุรา	7.0	58	61250	25.8	—
โรงงานชาสัตว์	7.0	—	1540	174.5	—
โรงงานทำปลาป่น	7.0	40.5	147050	10321.9	3.5
โรงงานทำเส้น ก๋วยเตี๋ยว	7.0	—	80148	48.16	66.0
โรงงานกระดาษ	11.0	—	667	18.70	7.50
โรงงานฉนวนกันระเบิด	4.5	—	1262	14.34	2.45
โรงงานแปงมันสำปะหลัง	4.5	—	4160	10.1	16.0

1. เพราะเหตุใดน้ำทิ้งจากโรงงานหว่าปลาบ่บึงมีไนโตรเจนสูงกว่าโรงงานอื่น
2. น้ำทิ้งจากโรงงานใดทำให้เกิดมลพิษต่อภาวะแวดล้อมมากที่สุด
3. จากความรู้ที่เรียนมาแล้วว่าน้ำเสีย คือ น้ำที่มีปริมาณออกซิเจนอยู่น้อย ดังนั้น ถ้าโรงงานต่าง ๆ จะทิ้งน้ำเสียลงสู่แม่น้ำลำคลอง นักเรียนจะมีข้อเสนอแนะแก้ไขอย่างไร

ตารางแสดงมาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

เกณฑ์ที่ใช้ทดสอบ	ปริมาณสูงสุดที่กำหนดให้
1. บีโอดี (5 วัน 20 °C)	80 มิลลิกรัม/ลิตร
2. สารแขวนลอย	30 มิลลิกรัม/ลิตร
3. สารละลายน้ำ	2,000 มิลลิกรัม/ลิตร
4. pH	5 - 9
5. ไขมัน	ต้องไม่มีเลย
6. น้ำมันกิน	ต้องไม่มีเลย
7. ฟีนอลหรือครีโซล	1 มิลลิกรัม/ลิตร
8. อุณหภูมิ	40 องศาเซลเซียส



แผนภาพแสดงกระบวนการกำจัดน้ำทิ้งของโรงงานแห่งหนึ่ง

จงใช้แผนภาพตอบคำถาม

1. จากแผนภาพ การแก้ปัญหาหน้าเสียมีวิธีการอย่างไร

.....

.....

.....

2. นักเรียนคิดว่าเพราะสาเหตุใด

.....

3. นักเรียนคิดว่าควรมีวิธีการแก้ไขปัญหานี้ได้อย่างไร

.....

บริเวณจังหวัดชายฝั่งทะเลที่มีการทำการประมง มักจะประสบกับเหตุการณ์
ที่มีน้ำมันลอยอยู่บนผิวน้ำของน้ำ เนื่องจากเรือประมงได้ทำการล้างเครื่องยนต์
ล้างเรือ ทำให้คราบน้ำมันถูกชะล้างลงสู่น้ำล้นคลอง ประชาชนที่อยู่บริเวณ
ริมชายฝั่งจึงมักพบกับปัญหาค้างกลาว ไม่สามารถที่จะนำน้ำมาใช้ในการอุปโภค
บริโภคได้ นักเรียนคิดว่านอกจากปัญหาค้างกลาวแล้ว น้ำมันมีผลต่อพืชน้ำและ
สัตว์น้ำหรือไม่

1. จากสถานการณ์ข้างต้นปัญหาที่เกิดขึ้น คือ อะไร
.....
2. บริเวณที่คราบน้ำมันลอยอยู่บนผิวน้ำของแม่น้ำ การเจริญเติบโตของพืชน้ำเป็นไป
อย่างปกติหรือไม่
.....
3. นักเรียนจะตั้งสมมติฐานจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นได้อย่างไร
.....
4. ถ้าจะทดสอบสมมติฐานที่ตั้งขึ้น โดยกำหนดอุปกรณ์ต่อไปนี้ให้

- สลารายหางกระรอก	- หลอดทดลอง 2 หลอด
- น้ำมันหล่อลื่นที่ใช้แล้ว	- แท่งแก้วสำหรับคน

 ทัวแปรต้น คือ
 ทัวแปรตาม คือ
 ทัวแปรควบคุม คือ
 เวลาที่ใช้ทดลอง
5. นักเรียนมีวิธีการดำเนินการทดลองอย่างไร
.....
.....

-
-
6. จากการทดลองในข้อ 5 สำหรับทั้ง 2 หลอดแตกต่างกันอย่างไร
-
7. นักเรียนจะสรุปผลการทดลองได้อย่างไร
-
-
8. เพราะเหตุใดพืชน้ำจืดไม่สามารถเจริญเติบโตได้ในน้ำที่มีน้ำมันหล่อลื่น
-
9. ถ้าต้องการทดสอบว่าน้ำมันหล่อลื่นมีผลต่อการเจริญเติบโตของสัควิน้ำ เช่น กุ้ง ปลา หอย หรือไม่ นักเรียนจะมีวิธีการทดลองอย่างไร
- สมมติฐาน
- ตัวแปรต้น
- ตัวแปรตาม
- ตัวแปรควบคุม
- วิธีทดลอง
-
-
-
-
- ผลการทดลอง
- สรุปผลการทดลอง
-

ความรู้เพิ่มเติม

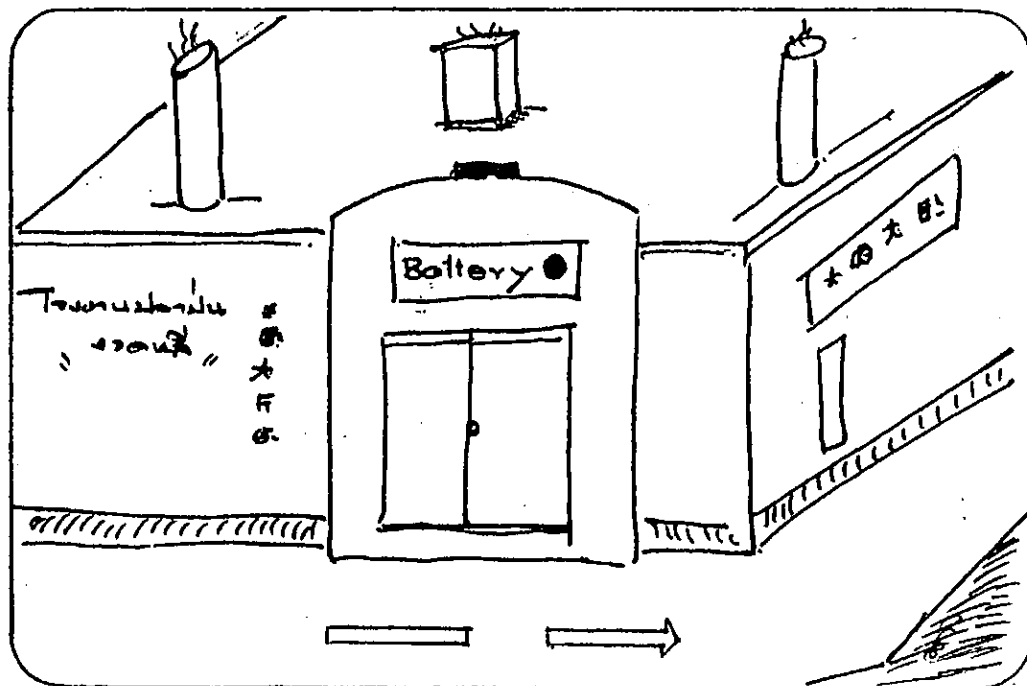
1. วัสดุอุดซึมคราน้ำมันมีหลายชนิด เช่น ฟาง กาบมะพร้าว ขี้เลื่อย แต่มีข้อเสียที่ว่า วัสดุเหล่านั้นจะถูกน้ำยิ่งกว่าน้ำมัน

2. สารเคมีชนิดหนึ่งที่ใช้กำจัดน้ำมันมีชื่อทางการค้าว่า คอเร็กซ์ เป็นสารที่ใช้ฉีกลงบริเวณที่มีคราน้ำมันในทะเล ทำให้น้ำมันที่จับกันเป็นผากระจายออกเป็นละอองเล็ก ๆ แต่สารเคมีชนิดนี้มีราคาแพงมาก และอาจมีผลเสียต่อสิ่งแวดลอมอื่น ๆ อีกได้

แบบฝึกหัด

1. เหตุใดพิษน้ำในแหล่งน้ำที่มีสารละลายผงซักฟอกปนอยู่จึงเจริญงอกงาม
 - ก. มีสารประกอบฟอสเฟตสมอยู่
 - ข. มีสารประกอบโปแตสเซียมสมอยู่
 - ค. มีโคคาแมกเนียมสมอยู่
 - ง. ถูกทุกข้อ
2. การทิ้งถุงพลาสติกลงในแหล่งน้ำจะทำให้เกิดผลเสียอย่างไร
 - ก. ถุงพลาสติกทำปฏิกิริยากับน้ำทำให้น้ำเสีย
 - ข. พลาสติกสลายตัวยากกีดขวางการคมนาคม
 - ค. พลาสติกเป็นที่อยู่ของแบคทีเรีย
 - ง. ไม่มีอะไรเกิดขึ้น
3. คราน้ำมันบนผิวน้ำทะเลทำให้นกนางนวลบินได้ยากเพราะอะไร
 - ก. คราน้ำมันสะท้อนแสงเข้าตานก
 - ข. น้ำมันระเหยกลายเป็นไอทำให้นกมึนงง
 - ค. น้ำมันติดตามขนทำให้นกติดกันจึงบินได้ยาก
 - ง. นกกินน้ำมันที่ผสมกับน้ำทำให้เป็นพิษต่อร่างกาย
4. ข้อใดเป็นวิธีการกำจัดคราน้ำมันในน้ำที่ประหยัดและไม่ก่อให้เกิดปัญหาน้ำเสียใด ๆ
 - ก. ปล่อยทิ้งให้ระเหย
 - ข. ใช้เครื่องมือพิเศษสกัดน้ำมันขึ้นมา
 - ค. ใช้วัสดุอุดซึมน้ำมันโดยเฉพาะแล้วบีบเอาน้ำมันออก
 - ง. ฉีกพ่นสารเคมีลงไปเพื่อให้น้ำมันมีน้ำหนักเพิ่มขึ้นแล้วจมลงใต้น้ำ

5. น้ำมันเชื้อเพลิงชนิดใดที่มีตะกั่วปนอยู่มาก
 - ก. น้ำมันดิน
 - ข. น้ำมันเตา
 - ค. น้ำมันเบนซิน
 - ง. น้ำมันหล่อลื่น
6. การแก้ปัญหาน้ำท่วมจากอาคารบ้านเรือนวิธีใดเหมาะสมที่สุด
 - ก. ไม่ทิ้งน้ำเสียลงสู่ท่อระบายน้ำ
 - ข. แต่ละบ้านควรมีเครื่องกำจัดน้ำเสีย
 - ค. พยายามใช้น้ำให้น้อยที่สุด
 - ง. เทศบาลควรนำน้ำทิ้งมารวมกันแล้วรับสภาพน้ำให้ดีขึ้นก่อนปล่อยลงสู่แหล่งน้ำ
7. วิธีการในข้อใดจะช่วยเติมออกซิเจนในน้ำเสีย
 - ก. ทำให้น้ำไหลวน
 - ข. กักตันใบพัดหมุนค้ำน้ำเสีย
 - ค. ระบายอากาศบริเวณเหนือน้ำเสีย
 - ง. แยกวัสดุที่ไม่ละลายน้ำออกไป
8. การเติมออกซิเจนในน้ำเสียมักถูกประสงค์อย่างไร
 - ก. เพื่อให้น้ำตกตะกอนเร็วขึ้น
 - ข. เพื่อให้สาหร่ายใช้ออกซิเจนในการสังเคราะห์แสง
 - ค. เพื่อให้จุลินทรีย์ได้ใช้ในการหายใจ
 - ง. เพื่อให้ออกซิเจนทำลายจุลินทรีย์ที่ทำให้น้ำเสีย
9. การเพิ่มอาหารให้จุลินทรีย์ในขบวนการกำจัดน้ำเสียทำอย่างไร
 - ก. กวนน้ำให้ขึ้น
 - ข. เติมออกซิเจนลงในน้ำ
 - ค. ใส่อินทรีย์สารลงในน้ำ
 - ง. ใส่สารเคมีจำพวกฟอสเฟต
10. วิธีการง่าย ๆ ที่ใช้แยกวัสดุชิ้นใหญ่ ๆ ในน้ำเสียทำได้อย่างไร
 - ก. ใช้ไม้เขี่ยออก
 - ข. ใช้ตะแกรงกันทางน้ำเสียไหล
 - ค. ใช้มือหยิบออก
 - ง. ทำให้วัสดุจมลงข้างล่างแล้วแยกออกมา



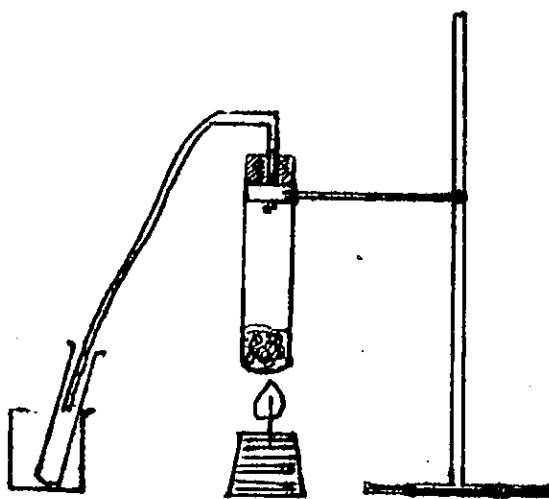
1. จากภาพสาเหตุที่ทำให้อากาศเสียคืออะไร
-
2. นอกจากสาเหตุในข้อ 1 นักเรียนคิดว่าอากาศเสียเกิดจากสาเหตุใดได้อีก
-
-

ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จัดเป็นก๊าซพิษ ถ้าในอากาศมีก๊าซนี้เกิน 5 มิลลิกรัม/ลิตร จะเป็นอันตรายต่อเยื่อภายในระบบหายใจของร่างกาย ในบรรยากาศของเมืองหลวงใหญ่ ๆ จะมีก๊าซนี้ ซึ่งส่วนใหญ่มาจากก๊าซที่ปล่อยออกจากปล่องควันของโรงงานอุตสาหกรรม เช่น โรงงานผลิตกรดซัลฟูริก โรงงานกลั่นน้ำมัน หรือจากท่อไอเสียของรถยนต์และมีผลทำให้อากาศเสีย

3. จากข้อความดังกล่าวให้นักเรียนศึกษาลักษณะและคุณสมบัติของก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากการทดลองเตรียมก๊าซดังต่อไปนี้

อุปกรณ์	- ทองแดงซึกบ	- กรดซัลฟูริก
	- หลอดทดลองขนาดกลาง	- หลอดทดลองขนาดใหญ่พร้อมจุกยาง, หลอดนำก๊าซ
	- ตะเกียงแอลกอฮอล์	- ขาตั้งและที่จับหลอดทดลอง
	- น้ำ, ถ้วยพลาสติก	- กระจกยลิตมีส

วิธีทดลอง



4. ในการทดลองนี้นักเรียนควรระมัดระวังเรื่องใด
5. จากการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงใดเกิดขึ้น
6. เมื่อนำสารละลายในหลอดทดลองขนาดกลางมาทดสอบกับกระจกยลิตมีสได้ผลอย่างไร

2. จากการทดลองมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นอย่างไร.....
.....
3. สารละลายในหลอดทดลองขนาดกลางเมื่อทดสอบกับกระดาษลิตมัสให้ผลอย่างไร
.....
4. สรุปผลการทดลองได้อย่างไร
.....
.....
5. ถ้านักเรียนจะเตรียมก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์ด้วยวิธีอื่นสามารถเตรียมได้โดย
 เผาสารประกอบใด จงเขียนวิธีเตรียมอย่างคร่าว ๆ
.....
.....
.....
.....

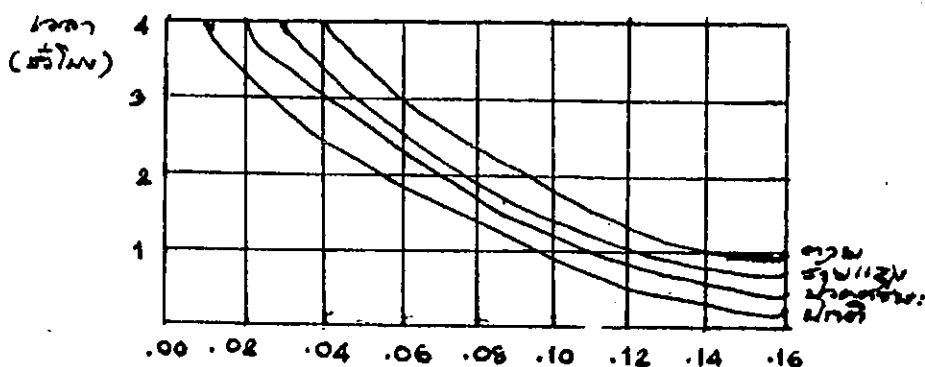
แหล่งที่เกิด	ปริมาณสารที่เป็นพิษในอากาศ(มิลลิกรัม/100 กิโลกรัม)					รวม
	คาร์บอนมอนนอกไซด์	ไฮโดรคาร์บอน	ไนโตรเจนไดออกไซด์	ซัลเฟอร์ไดออกไซด์	อนุภาคที่เป็นของแข็ง	
รถยนต์	58.1	15.9	6.9	0.3	1.1	82.3
โรงงานไฟฟ้า	1.7	0.6	6.0	20.6	8.3	37.2
โรงงานอุตสาหกรรม	3.2	0.2	6.5	6.9	26.4	44.2
เผาขยะ	1.4	0.5	0.1	0.9	9.8	12.7
การเผาไหม้	7.4	1.6	0.6	8.7	33.6	51.8

6. คนในกรุงเทพมหานครได้รับสารพิษชนิดใดมากที่สุด
7. แหล่งใดที่ทำให้อากาศเป็นพิษมากที่สุด

ตารางแสดงค่าเฉลี่ยของสารที่ได้จากการเผาไหม้เชื้อเพลิงเครื่องยนต์ 1 ลิตร

เชื้อเพลิง เครื่องยนต์	สารที่ได้จากการเผาไหม้ (กรัม)				
	คาร์บอน มอนนอกไซด์	ไฮโดร คาร์บอน	ไนโตรเจน ไดออกไซด์	ซัลเฟอร์ได ออกไซด์	อนุภาคที่เป็น ของแข็ง
น้ำมันก๊าสโซลิน	284.9	15.8	22.2	1.3	1.0
น้ำมันดีเซล	7.1	21.6	12.0	4.8	13.3

8. รถยนต์ที่ใช้น้ำมันชนิดใดทำให้เกิดอันตรายมากที่สุด
9. ก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์มีอันตรายต่อร่างกาย คือ
-
-
10. ให้นักเรียนศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณคาร์บอนมอนนอกไซด์ในอากาศกับอาการ
ที่เกิดขึ้นจากการหายใจ แล้วอภิปรายร่วมกัน

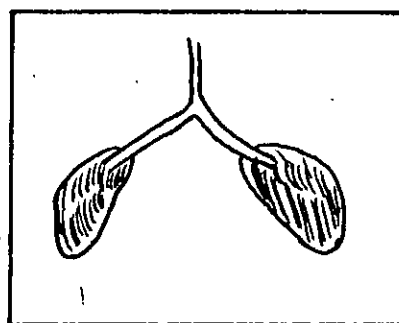
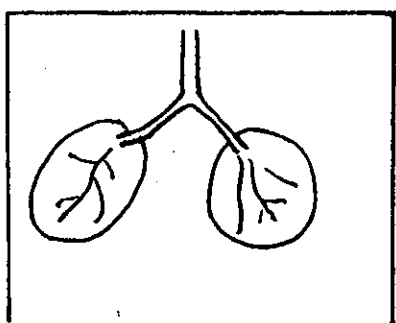


.....

ความรู้เพิ่มเติม

1. ออกซิเจนของไนโตรเจนที่หาให้อากาศเสียมียู่เพียง 2 อย่าง คือ ไนตริกออกไซด์ และไนโตรเจนไดออกไซด์
2. ก๊าซไฮโดรคาร์บอนมีอยู่หลายชนิด เช่น มีเทน (CH_4) อีเทน (C_2H_6) โปรเพน (C_3H_8) และบิวเทน (C_4H_{10}) ในธรรมชาติส่วนมากเกิดจากการเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์ นอกจากนั้นยังมีบางส่วนที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ เช่น การเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่ไม่สมบูรณ์และการระเหยของตัวทำละลายไฮโดรคาร์บอนบางชนิดจากโรงงานอุตสาหกรรม ก๊าซไฮโดรคาร์บอนเมื่อเราหายใจเข้าไปจะทำให้เกิดอาการวิงเวียนศีรษะ มึนงงและคลื่นไส้
3. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ในธรรมชาติ ส่วนใหญ่จะเกิดจากภูเขาไฟระเบิดส่วนที่เกิดจากการกระทำของมนุษย์มาจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่มีกำมะถันอยู่ เช่น ถ่านหินหรือน้ำมัน โรงงานอุตสาหกรรมทำกรดซัลฟิวริก โรงงานทำทองรูปพรรณและจากเหมืองแร่บางชนิด ถ้ามีก๊าซนี้อยู่ในอากาศมากจะทำให้ให้อากาศเสีย นอกจากนั้นยังทำลายอาคารที่ก่อด้วยอิฐปูน
4. ในอากาศมีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ ในธรรมชาติส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาของแสงกับมีเทน นอกจากนั้นยังเกิดจากการกระทำของมนุษย์ จากการเผาไหม้ที่ไม่สมบูรณ์ของถ่านหินและน้ำมันเชื้อเพลิงซึ่งปล่อยจากท่อไอเสียรถยนต์ คาร์บอนมอนอกไซด์จะรวมตัวกับออกซิเจนในอากาศได้ง่ายเป็นคาร์บอนไดออกไซด์

5. ไอระเหยของตะกั่วเป็นสารมีพิษชนิดหนึ่งที่มีอยู่ในอากาศคือ เทตระเอซิลเลก เกิดจากสารประกอบอินทรีย์ของตะกั่วที่ใส่เข้าไปกับน้ำมันเบนซิน เพื่อให้เครื่องยนต์เดินได้สะดวก เมื่อมีการเผาไหม้ของน้ำมันในเครื่องยนต์ ตะกั่วจะระเหยเป็นไอออกมาเป็นอันตรายต่อสุขภาพ



รูปปอดคนไม่สูบบุหรี่

รูปปอดคนสูบบุหรี่

1. จากรูปนักเรียนคิดว่าอะไรที่เป็นสาเหตุทำให้ปอดทั้ง 2 รูปไม่เหมือนกัน
2. จากรูปนักเรียนจะตั้งสมมติฐานว่าอย่างไร
3. ถ้านักเรียนต้องการจะตรวจสอบว่าบุหรี่ยังมีสารพิษอยู่จริงหรือไม่ โดยกำหนดอุปกรณ์ต่อไปนี้

- บุหรี่กั้นกรอง	- บุหรี่ธรรมดา
- กระดาษชำระสีขาว	- ไม้ขีด

 นักเรียนจะออกแบบการทดลองอย่างไร

4. จากผลการทดลองควันทูที่ทั้ง 2 ชนิด มีลักษณะเหมือนหรือต่างกันอย่างไร
.....
5. นักเรียนอธิบายได้หรือไม่ว่าเพราะเหตุใดปอดของคนสูบบุหรี่จึงมีสีดำ
.....
6. คนที่สูบบุหรี่เป็นเวลานานหลายปี ส่วนเคของร่างกายนอกจากปอด ที่แสดงให้เรา
ทราบว่าคนผู้นี้สูบบุหรี่
.....
7. เวลาที่เรานั่งรถปรับอากาศไปต่างจังหวัด โดยมีผู้โดยสารสูบบุหรี่ในรถด้วย นักเรียน
ทราบหรือไม่ว่าจะมีผลต่อผู้ที่ไม่ได้สูบบุหรี่อย่างไร
.....
8. คนที่สูบบุหรี่มาก ๆ จะทำให้เกิดโรคใดมากที่สุด
.....
9. นักเรียนจะมีวิธีป้องกันไม่ให้เกิดผู้ป่วยเนื่องจากบุหรี่เพิ่มมากขึ้นโดยวิธีใด
.....
.....

ความรู้เพิ่มเติม

1. เบนโซไพรีน เป็นสารประกอบไฮโดรคาร์บอนชนิดหนึ่งที่เป็นพิษร้ายแรง
มีสูตร $C_{20}H_{12}$ และมีสูตรโครงสร้างเป็น  มีสถานะเป็นของแข็ง
เป็นผลึกสีเหลือง สกัดได้จากน้ำมันดิน พบอยู่ อยู่เสมอในควัน ที่
เกิดจากการเผากระดาษ

2. น้ำมันดินหรือทาร์เป็นสารเหนียวสีน้ำตาล

3. นอกจากนี้ในควันทูยังมีนิโคติน คาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์
ไฮโดรเจนไซยาไนด์ ซึ่งจะค้างอยู่ที่ถุงลมของปอด ทำให้เกิดอาการระคายเคืองใน
หลอดลมเป็นสาเหตุของการไอ และถ้าสารเหล่านี้ลงไปถึงกระเพาะอาหารจะทำให้
เกิดอาการอักเสบของเยื่อบุกระเพาะอาหารจนเป็นแผลในที่สุด นอกจากนี้ยังทำให้เกิด

โรคมะเร็งที่ปกคอีกด้วย

- หนึ่ง : พี่ช้อข้าวเหนียวเปียกมาให้ทั้งแต่เมื่อเช้า ทานเสียสิ
- สอง : โอโฮ ของโปรดเลย พี่หนึ่งรู้ใจน้องเสมอ แต่เอ๊ะนี่มันอะไรกัน
ทำไมถึงได้มีสีเหลือง ๆ เทา ๆ อยู่ข้างหน้าด้วย
- หนึ่ง : น่ากลัวจะเสียแล้วละ เพราะพี่ใส่รวมไว้ไม่ได้ปิดฝา ไม่เป็นไรในตู้
ยังมีอีกด้วยหนึ่ง
- สอง : เหมือนกันเลยพี่หนึ่ง ทำไมใส่คู่กับข้าวก็มีสีเหลือง ๆ เทา ๆ เลยละ
แหม ออกกินเลย

1. จากบทสนทนาของพี่น้อง 2 คน นักเรียนคิดว่าอะไรเป็นสาเหตุทำให้ขนมเสีย
2. สีเหลือง ๆ เทา ๆ ที่เป็นเส้นเล็ก ๆ คืออะไร มาจากไหน
3. ในสถานที่ต่างกันจะมีจุลินทรีย์เหมือนกันหรือไม่
4. นักเรียนจะตั้งสมมติฐานจากสถานการณ์ได้ว่อย่างไร
5. ถ้ากำหนดอุปกรณ์ต่อไปนี้ให้นักเรียนออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน

- น้ำซูปเนอ - กลูโคส - แป้งมัน	- สารละลายฟอร์มาลีน
- กลองพลาสติกพร้อมฝา 3 ชุด	- สำลี

6. ในการทดลองนักเรียนจะกำหนดให้ตัวแปรต้น คือ
 ตัวแปรตาม คือ
 ตัวแปรควบคุม คือ
7. เมื่อทำการทดลองครบ 7 วันแล้วให้บันทึกผล

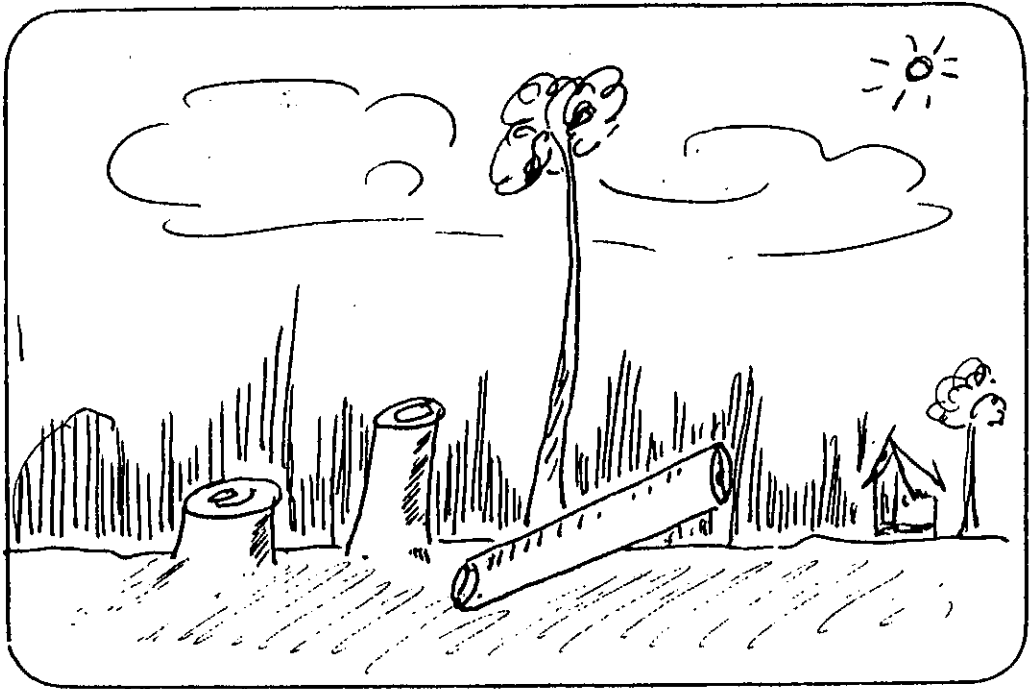
กล้องที่	สถานที่วางกล้อง	ผลการสังเกต
1. ปีกผีเสื้อที่		
2. ปีกผีเสื้อที่วางไว้ 30 นาที		
3. ปีกผีเสื้อที่วางไว้ 30 นาที		

8. มีการเปลี่ยนแปลงในกล้องใบไหนมากที่สุด
9. ถ้าเราทำการทดลองเหมือนกับกล้องที่ 1 ทุกอย่างแต่ไม่ต้องเติกสารละลายฟอร์มาลิน นักเรียนคิดว่าผลจะเหมือนเดิมหรือไม่ เพราะเหตุใด
10. นักเรียนจะสรุปผลการทดลองว่าอย่างไร
11. ถ้านักเรียนต้องการตรวจสอบหาจุลินทรีย์จากเหี่ยวเฉาจะทำได้อย่างไร

แบบฝึกหัด

1. แหล่งใดที่ก่อให้เกิดก๊าซคาร์บอนมอนนอกไซด์มากที่สุด
 - ก. โรงงานอุตสาหกรรม
 - ข. โรงงานไฟฟ้า
 - ค. การเผาขยะ
 - ง. รถยนต์
2. ก๊าซไฮโดรคาร์บอนประกอบด้วยก๊าซอะไร
 - ก. ไฮโดรเจนกับออกซิเจน
 - ข. คาร์บอนกับออกซิเจน
 - ค. คาร์บอนกับไฮโดรเจน
 - ง. ออกซิเจนกับไนโตรเจน
3. ในการเผาไหม้น้ำมันก๊าซโซลีน เกิดสารพิษอะไรมากที่สุด
 - ก. คาร์บอนมอนอกไซด์
 - ข. ไนโตรเจน
 - ค. ไฮโดรคาร์บอน
 - ง. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์
4. ในการเผาไหม้น้ำมันดีเซล เกิดสารพิษอะไรมากที่สุด
 - ก. คาร์บอนมอนอกไซด์
 - ข. ไนโตรเจนไดออกไซด์
 - ค. ไฮโดรคาร์บอน
 - ง. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์
5. ก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในธรรมชาติส่วนใหญ่เกิดขึ้นจากอะไร
 - ก. ไฟไหม้ป่า
 - ข. การระเบิดของภูเขาไฟ
 - ค. ปฏิกริยาระหว่างแสงกับก๊าซมีเทน
 - ง. การเผาปิโตรเลียมของสารอินทรีย์
6. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์เกิดจากปฏิกิริยาเคมีระหว่างสารใด
 - ก. เหล็กกับกรดไนตริก
 - ข. พรอทกับกรดอะซิติก
 - ค. ทองแดงกับกรดซัลฟูริก
 - ง. เงินกับกรดคาร์บอนิก
7. การเร่งปฏิกิริยาเคมีเพื่อเตรียมก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ให้เกิดเร็วขึ้นกระทำโดยวิธีใด
 - ก. ใส่ น้ำ
 - ข. ให้ความร้อน
 - ค. ใส่ ค่ะคะโลส
 - ง. ใช้แสงเร่งปฏิกิริยา
8. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ส่วนใหญ่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ในข้อใด
 - ก. การระเบิดภูเขา
 - ข. การทำปุ๋ยหมัก
 - ค. การเผาไหม้ถ่านหิน
 - ง. การทดลองอาวุธใหม่ ๆ

9. ก๊าซชนิดหนึ่งละลายน้ำแล้วเมื่อทดสอบด้วยกระดาษลิตมัส พบว่า เปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากสีน้ำเงินเป็นสีแดง สามารถสรุปได้ว่าก๊าซชนิดนี้ละลายน้ำแล้วมีสมบัติเป็นกรดได้หรือไม่
- ไม่ได้เพราะน้ำมีสมบัติเป็นกรด
 - ไม่ได้เพราะไม่ได้ทดสอบสมมติความเป็นกรดเบสของน้ำก่อน
 - ได้เพราะน้ำมีสมบัติเป็นกลางเมื่อก๊าซละลายน้ำแล้วเป็นกรด
 - ได้เพราะทดสอบแล้วเปลี่ยนสีกระดาษลิตมัสจากน้ำเงินเป็นแดง
10. ก๊าซไนโตรเจนไดออกไซด์เป็นอันตรายต่ออวัยวะส่วนใด
- ก. ทับ
 - ข. กระเพาะอาหาร
 - ค. เยื่อเย้นตา
 - ง. ระบบประสาท
11. การสูบบุหรี่บ่อย ๆ จะเป็นสาเหตุที่ทำให้ร่างกายผิดปกติอย่างไร
- ก. ทาฝ้า
 - ข. ความจำเสื่อม
 - ค. เป็นไขหวัดบ่อย ๆ
 - ง. มีแผลในกระเพาะอาหาร
12. ผู้ที่สูบบุหรี่เป็นประจำจะทำให้ผิวหนังและฟันมีสีน้ำตาลเพราะสารใด
- ก. นิโคติน, น้ำมันดิน
 - ข. นิโคติน, ไฮโดรเจนไซยาไนด์
 - ค. น้ำมันดิน, เบนโซไพรีน
 - ง. เบนโซไพรีน, ไฮโดรเจนไซยาไนด์
13. คนที่สูบบุหรี่มากอาจเสียชีวิตได้เนื่องจากโรคอะไร
- ก. อัมพาต
 - ข. ไข้หวัดใหญ่
 - ค. มะเร็งในปอด
 - ง. หัวใจไม่ทำงาน



1. จากภาพให้นักเรียนอภิปรายร่วมกันถึงผลกระทบที่เกิดขึ้น

2. สาเหตุที่ทำให้ดินเสื่อมมีอะไรบ้าง

3. จากข้อ 2 นักเรียนจะกึ่งสมมติฐานได้ว่าอย่างไร

4. ดินที่เสื่อมจะมีลักษณะอย่างไร

5. ดินที่เป็นกรดมากเกินไป นักเรียนจะมีวิธีแก้ไขอย่างไร

6. ดินที่เป็นเบสมากเกินไป นักเรียนจะมีวิธีแก้ไขอย่างไร

7. นักเรียนจะทดสอบได้อย่างไรว่ากินมีสภาพเป็นกรดหรือเป็นเบส โดยวิธีง่าย

.....

ในกินมีสารอินทรีย์ ซึ่งเป็นอาหารของจุลินทรีย์ที่อาศัยอยู่ในกิน ทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตเพิ่มปริมาณมากขึ้น ทำให้เกิดการเน่าบูด สกปรกเหม็น นักเรียนทราบหรือไม่ว่าสารอินทรีย์เหล่านี้มาจากไหน

1. จากข้อความดังกล่าวสาเหตุที่ทำให้จุลินทรีย์เจริญเติบโตอย่างรวดเร็วคือ
2. สารอินทรีย์เหล่านี้ ได้แก่ ขากพืช ขากสัตว์ สิ่งปฏิกูลต่าง ๆ นักเรียนคิดว่าสิ่งเหล่านี้มาจากไหน
3. จุลินทรีย์สามารถที่จะย่อยสลายสารที่อยู่ในกินได้ทุกชนิดหรือไม่
4. จากข้อ 3 นักเรียนจะตั้งสมมติฐานได้อย่างไร
5. กำหนดอุปกรณ์ต่อไปนี้ให้ แล้วให้นักเรียนออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน

- พลาสติก	- กระดาษขาว	- ผ้าขาว	- ขากแมลง
- ใบไม้แห้ง	- ตะปู	- ข้าวสุก	- กระดาษกิน
- แวนพลาสติกใส			พร้อมกินร่วน

.....

.....

.....

ทิวแปรทัน คือ

ทิวแปรทาม คือ

ทิวแปรควบคุม คือ

7. บันทึกผลการทดลองไว้ดังนี้

อัตราที่	พลาสติก	กระดาษขาว	ผ้าขาว	ซากแมลง	ใบไม้แห้ง	ข้าวสุก	ตะปู
1							
2							
3							
4							

8. วัตถุประสงค์ใดบ้างที่มีการเปลี่ยนแปลง

9. วัตถุประสงค์ใดที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

10. วัตถุประสงค์ใดที่จะทำให้กินเสียได้ เพราะเหตุใด

.....

11. นักเรียนจะสรุปผลการทดลองได้อย่างไร

.....

.....

12. ถ้านักเรียนจะกำจัดขยะที่บริเวณบ้านของนักเรียนโดยไม่มีเจ้าหน้าที่มาเก็บขยะได้
อย่างไรจึงจะเหมาะสมที่สุด

.....

13. การที่มีบุคคลบางพวกไปค้นตามกองขยะเพื่อนำถุงพลาสติกหรือแก้วกระคายใส่ในน้ำซึ่งกลับมาใช้อีก นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไร
-
14. ขยะที่กรุงเทพมหานครนำไปทิ้ง มีประโยชน์หรือไม่อย่างไร
-
15. ให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายถึงขั้นตอนการกำจัดขยะของกทม
- "คัดเลือกว่าขยะที่เป็นเชื้อเพลิงได้ แล้วนำมาตากให้แห้งเข้าเครื่องบด แล้วนำมาเข้าเตาเผาขยะเพื่อฆ่าเชื้อโรคต่าง ๆ เป็นเวลา 4 วัน ขยะจะมีลักษณะคล้ายเถ้าถ่าน หลังจากนั้นนำไปร่อนแยกเอาเศษคินส์ค่าเป็นผงละเอียดเพื่อนำไปทำปุ๋ยสำหรับวัตถุที่ไม่ถูกย่อยสลายนำกลับมาใช้ประโยชน์ได้อีก"
- การเผาขยะนี้ควรทำในที่ใด
 - การเผาขยะจะทำให้สิ่งแวดล้อมเสียหรือไม่อย่างไร
 -

ความรู้เพิ่มเติม

1. ขยะสามารถนำไปใช้แทนวัตถุเชื้อเพลิงได้ กรมวิทยาศาสตร์ กระทรวงอุตสาหกรรมได้วิเคราะห์หาค่าความร้อนของขยะพบว่า ขยะ 1 กรัม ให้พลังงาน 3,500 - 4,400 แคลอรี ทั่วทุกมุมบางประเทศ เช่น สหรัฐอเมริกา เยอรมัน จึงใช้ขยะเป็นเชื้อเพลิงในการผลิตไฟฟ้า

2. มูลสัตว์ใช้ในการผลิตก๊าซเชื้อเพลิงบางชนิด ซึ่งใช้ในการหุงต้มได้ ในธรรมชาติซากพืชซากสัตว์ทับถมกันใต้พื้นดินเป็นเวลานาน ๆ ปี จนแบคทีเรียได้ทำลายโปรตีนและคาร์โบไฮเดรต ไปหมดเหลือแต่ไขมัน ทำให้เกิดน้ำมันดิบและก๊าซธรรมชาติขึ้น ส่วนประกอบก๊าซธรรมชาติที่พบคือ

มีเทน	64 - 98 %	อีเทน	0 - 32 %
ออกซิเจน	0 - 0.4 %	ไนโตรเจน	0.1 - 7.5 %
คาร์บอนไดออกไซด์	0 - 2.7 %		

3. อุปกรณ์สำหรับเตรียมก๊าซเชื้อเพลิงจากมูลสัตว์ในประเทศไทยเป็นบ่อผสมมูลสัตว์และบ่อหมัก ซึ่งมีทางให้ก๊าซผ่านออกไปตามท่อเพื่อไปยังเตาหุงต้ม

ในการเตรียมก๊าซเชื้อเพลิงใช้มูลสัตว์ผสมกับน้ำอัตราส่วนเท่า ๆ กันทิ้งไว้ประมาณ 7 วัน จะมีก๊าซเกิดขึ้นเต็มที่ ก๊าซที่ได้จะผ่านไปทางท่อไปยังเตาหุงต้ม เมื่อใช้ก๊าซไป 10 - 15 วัน จึงเติมมูลสัตว์อีกครั้งหนึ่ง และหลังจากนั้นให้เติมทุก ๆ 3 - 4 วัน สำหรับกากที่เหลือจากการหมักนำไปตากแห้งแล้วใช้ทำปุ๋ยต่อไป

4. มูลสัตว์ 1 กิโลกรัม จะได้ก๊าซประมาณ 30 ลิตร ประกอบด้วยก๊าซมีเทน 47.2 % คาร์บอนไดออกไซด์ 37.4 % ก๊าซไฮโดรเจนและไฮโดรเจนซัลไฟด์เล็กน้อย แต่ปริมาณนี้อาจจะเปลี่ยนไปตามชนิดของมูลสัตว์ที่ใช้

การที่หนังสือพิมพ์ได้เสนอข่าวว่าประชาชนที่อยู่บริเวณใกล้ ๆ กับคอนเมือง มีความฉกฉวยในเรืองการ ได้ยิน นอกจากนี้ยังทำให้สุขภาพของประชาชนแถบนี้เสื่อมโทรมอีกด้วย

1. จากข้อความดังกล่าวนักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไร
2. นักเรียนคิดว่าอะไรเป็นสาเหตุที่ทำให้เกิดความฉกฉวยทางด้านสุขภาพของประชาชน
3. จากข้อความดังกล่าวนักเรียนจะตั้งสมมติฐานว่าอย่างไร

4. ถ้าจะทดสอบสมมติฐานนี้นักเรียนจะมีวิธีการอย่างไร
.....
.....
.....
5. ถ้ากำหนดอุปการณต่อไปนี้ให้ จงออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานข้อ 3
- วิทย์ - กระดาษบันทึกข้อความ - ชุดคำบอก
.....
.....
.....
.....
6. ตัวแปรต้น คือ
ตัวแปรตาม คือ
ตัวแปรควบคุม คือ
7. ผลการทดลองที่ได้เป็นอย่างไร
.....
8. สรุปผลการทดลองได้คือ
.....
.....
9. ถ้าต้องการจะแก้ปัญหาคนงานที่ทำงานกับเครื่องจักรกลที่มีเสียงดังมาก ๆ ซึ่งต้อง
ทำงานวันละ 12 ชั่วโมง ให้มีประสิทธิภาพในการทำงาน และไม่เป็นอันตรายต่อ
สุขภาพจะมีวิธีการอย่างไร
.....
.....

ความรู้เพิ่มเติม

ตารางแสดงระดับเสียงจากแหล่งกำเนิดต่าง ๆ

แหล่งกำเนิดเสียง	ระดับความเข้ม ของเสียง (เดซิเบล)		แหล่งกำเนิดของเสียง
ปืนใหญ่	120	—	ฟ้าร้อง เครื่องบินไอพ่น
เว็กรถจักรยานยนต์	100	— 110	โรงงานที่ใช้เครื่องจักร
รถยนต์ส่วนบุคคลหรือแท็กซี่	80	— 90	หรือรถบรรทุก
คุยเสียงดัง	60	— 70	การจราจรบนถนน
คุยกันพอได้ยิน	40	— 50	เสียงในร้านขายของ
ใบไม้ไหวหรือเสียงกระซิบ	20	— 30	ห้องสมุด
	0	— 10	ห้องอับเสียง

ระดับเสียงที่มนุษย์รับฟังได้โดยไม่เป็นอันตราย

เวลารับฟัง (ชั่วโมง/วัน)	ระดับเสียง (เดซิเบล) วัดจากต้นกำเนิดเสียงทาง 7 เมตร
3	90
6	92
4	95
2	99
$1\frac{1}{3}$	100
$1\frac{1}{2}$	102
$1\frac{1}{4}$	105

จากตารางให้นักเรียนสรุปความสัมพันธ์ระหว่างระดับเสียงกับเวลารับฟัง

.....

แบบฝึกหัด

1. คินที่มีเกล็ดแร่ตกค้างมากเราเรียกว่าคินอะไร
 ก. คินจิก ข. คินเค็ม ค. คินเปรี้ยว ง. คินอุคม
2. การใช้สารในข้อใดจะมีสารตกค้างในคินซึ่งทำลายสิ่งมีชีวิตที่มีประโยชน์ต่อการเจริญของพืช
 ก. สับ ข. ปุ๋ย ค. ผงซักฟอก ง. ยาปราบศัตรูพืช
3. เศษแร่ที่เหลือจากการทำเหมืองจะสะสมในคินมีผลอย่างไรต่อกิน
 ก. คินมีความเป็นเบส ข. คินมีความเป็นกรด
 ค. โครงสร้างของคินเสีย ง. สารอินทรีย์ในคินจะย่อยสลายเร็วขึ้น
4. ข้อใดกล่าวถึงการกำจัดขยะโดยการเผาในที่โล่งแจ้งได้ถูกต้องที่สุด
 ก. เป็นวิธีที่สะดวก ข. ทำให้อากาศเสีย
 ค. ช่วยประหยัดเชื้อเพลิง ง. ควบคุมการกำจัดได้ง่าย
5. วัตถุใดเน่าเปื่อยบูดพังมากที่สุดในเวลาเท่า ๆ กัน
 ก. ผักขาว ข. ข้าวสุก
 ค. ขากแมลง ง. กระดาษขาว
6. ขยะจำพวกเศษพืชควรกำจัดอย่างไรจึงจะให้ผลคุ้มค่า
 ก. เผาไฟ ข. หักน้ำ
 ค. ซุกหลุมฝัง ง. การหมักซากพืชและสัตว์

7. ภาพชีวภาพได้จากข้อใด
 - ก. การหมักซากพืช
 - ข. การหมักซากสัตว์
 - ค. การหมักมูลสัตว์
 - ง. การหมักซากพืชและสัตว์
8. ภาพชีวภาพมีองค์ประกอบเป็นก๊าซใดมากที่สุด
 - ก. มีเทน
 - ข. อีเทน
 - ค. ไนโตรเจน
 - ง. ไฮโดรเจน
9. ตะกั่วที่อยู่ในดินมีการเปลี่ยนแปลงได้เพราะอะไร
 - ก. ละลายน้ำ
 - ข. ความดันของดิน
 - ค. เกิดปฏิกิริยาทางเคมี
 - ง. พืชนำไปใช้เป็นเกลือแร่
10. ดินที่พังทลายไหลไปตามลำน้ำทำให้เกิดปัญหาน้ำเสียเพราะอะไร
 - ก. น้ำไหลช้า
 - ข. น้ำมีตะกอนมาก
 - ค. มีสารอินทรีย์ในน้ำมาก
 - ง. ออกซิเจนในน้ำลดน้อยลง
11. ดินไม้ใหญ่ช่วยป้องกันน้ำท่วมได้อย่างไร
 - ก. ช่วยยึดดิน
 - ข. ช่วยกักเก็บน้ำ
 - ค. ทำให้น้ำไหลช้า
 - ง. ทำให้ฝนไม่ตก
12. เสียงดังที่สุดที่เราสามารถรับฟังได้มีระดับความเข้มกี่เดซิเบล
 - ก. 120
 - ข. 150
 - ค. 180
 - ง. 210
13. ข้อใดเป็นลักษณะของการระดับความเข้มเสียง
 - ก. เป็นค่าสมมติ
 - ข. เป็นค่าเปรียบเทียบ
 - ค. เป็นค่าที่อ่านได้จากเครื่องวัด
 - ง. เป็นค่าที่ได้จากการคำนวณ
14. ระดับความเข้มของเสียงในข้อใดดังที่สุด
 - ก. 90 เดซิเบล
 - ข. 95 เดซิเบล
 - ค. 100 เดซิเบล
 - ง. 105 เดซิเบล
15. ข้อใดเป็นอาการที่เกิดจากเสียงเป็นพิษ
 - ก. เจ็บคอ
 - ข. หอมูก
 - ค. หงุดหงิดง่าย
 - ง. หัวใจเต้นช้า

ภาคผนวก ง

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

เรื่องภาวะแวดล้อม

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3

คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนเขียนชื่อ นามสกุล ชั้น ห้อง และเลขที่ใน
กระดาษคำตอบ
 2. ให้นักเรียนเขียนเครื่องหมาย $\times$ บนตัวเลือกที่ถูกที่สุดเพียง
ตัวเลือกเดียวลงในกระดาษคำตอบ
 3. ข้อสอบฉบับนี้มีทั้งหมด 50 ข้อ ใต้เวลาทำ 1 ชั่วโมง
 4. ห้ามนักเรียนขีดเขียนข้อความใด ๆ ลงบนแบบทดสอบ
1. การพิจารณาว่าน้ำบริเวณใดเป็นน้ำเสีย นักเรียนควรใช้เกณฑ์ใดตัดสิน
 - ก. สีของน้ำ
 - ข. กลิ่นของน้ำ
 - ค. อุณหภูมิของน้ำ
 - ง. ปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำ
 - จ. ปริมาณออกซิเจนในน้ำ
 2. สิ่งใดที่เป็นสาเหตุทำให้ปริมาณออกซิเจนในน้ำเกิดการเปลี่ยนแปลง
 - ก. สารเคมีที่ละลายอยู่ในน้ำ
 - ข. การทิ้งสิ่งปฏิกูลลงในน้ำ
 - ค. ปริมาณจุลินทรีย์ที่มีอยู่ในน้ำ
 - ง. ความเร็วของกระแสน้ำที่ไหล
 - จ. ถูกทุกข้อ

3. สาเหตุที่ทำให้น้ำในแม่น้ำเจ้าพระยายังไม่มีการเปลี่ยนแปลง ทั้ง ๆ ที่มีโรงงานอุตสาหกรรมตั้งอยู่เป็นจำนวนมากบริเวณฝั่งแม่น้ำเพราะเหตุใด
- น้ำมีการไหลเวียนอยู่ตลอดเวลา
 - มีพืชน้ำอาศัยอยู่ในน้ำจำนวนมาก
 - อุณหภูมิของน้ำไม่สูงมากเกินไป
 - จำนวนจุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำมีปริมาณมาก
 - โรงงานมีระบบกำจัดน้ำเสียก่อนทิ้งลงสู่แม่น้ำ
4. ถ้านักเรียนตรวจสอบพบว่าน้ำทัวอย่างมีค่า บีโอดี 50 มิลลิกรัมต่อลิตร ข้อใดสรุปถูกต้อง
- ในน้ำ 1 ลิตร มีปริมาณก๊าซออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำ 50 มิลลิกรัม
 - ในน้ำ 1 ลิตร มีปริมาณจุลินทรีย์ที่ต้องการออกซิเจนอยู่ 50 มิลลิกรัม
 - ในน้ำ 1 ลิตร มีปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ในน้ำต้องการอยู่ 50 มิลลิกรัม
 - ในน้ำ 1 ลิตร มีปริมาณสารอินทรีย์ที่ละลายอยู่ในน้ำ 50 มิลลิกรัม
 - ในน้ำ 1 ลิตร มีปริมาณสารเคมีต่าง ๆ ที่ละลายอยู่ในน้ำ 50 มิลลิกรัม

5. ข้อความใดกล่าวถูกต้อง

- ก. น้ำที่มีค่าบีโอดีต่ำกว่า 100 มิลลิกรัมต่อลิตร จัดเป็นน้ำเสีย
- ข. น้ำที่มีออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำน้อยกว่า 100 มิลลิกรัม เป็นน้ำเสีย
- ค. น้ำที่มีค่าบีโอดีสูง แสดงว่ามีปริมาณสารอินทรีย์ที่จะถูกย่อยสลายมาก
- ง. น้ำที่มีอุณหภูมิสูงจะทำให้ค่าบีโอดีต่ำกว่า 3 มิลลิกรัมต่อลิตร เป็นน้ำเสีย
- จ. น้ำที่มีปริมาณจุลินทรีย์ที่ก่อการออกซิเจนมาก ๆ จะช่วยลดภาวะน้ำเสีย

6. จากการตรวจสอบค่าบีโอดีของน้ำคลอง 3 แห่ง พบว่า

- คลอง A มีค่าบีโอดี 80 มิลลิกรัมต่อลิตร
- คลอง B มีค่าบีโอดี 100 มิลลิกรัมต่อลิตร
- คลอง C มีค่าบีโอดี 120 มิลลิกรัมต่อลิตร

ข้อใดสรุปถูกต้อง

- ก. คลอง A มีปริมาณออกซิเจนละลายอยู่ในน้ำน้อยที่สุด
- ข. คลอง A มีปริมาณออกซิเจนที่จุลินทรีย์ต้องการมากกว่าคลอง C
- ค. คลอง B มีปริมาณจุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำมากกว่าคลอง A จัดว่าเป็นน้ำเสีย
- ง. คลอง A เป็นน้ำที่มีคุณภาพดีกว่าน้ำในคลอง B และน้ำ C ในคลอง
- จ. คลอง C มีจำนวนสัตว์ที่อาศัยอยู่ในน้ำและพืชน้ำมากกว่าคลอง A และคลอง B

ให้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 7 ถึง 9

ตารางแสดงค่าบีไอที และอัตราการไหลของน้ำทิ้งจากโรงงานต่าง ๆ

โรงงาน	บีไอที (มิลลิกรัม/ลิตร)	อัตราการไหล (1000 ลิตร/ชั่วโมง)
โรงงานกระดาษกาญจนบุรี	203	500
โรงงานกระดาษบ้านโป่ง	195	1,000
โรงงานน้ำตาล 1 ราชบุรี	39	4,000
โรงงานน้ำตาล 2 ราชบุรี	47	5,000
โรงงานน้ำตาลธนบุรี	74	4,000

7. น้ำทิ้งจากโรงงานใดทำให้เกิดภาวะน้ำเสียมากที่สุด

- ก. โรงงานกระดาษกาญจนบุรี
- ข. โรงงานกระดาษบ้านโป่ง
- ค. โรงงานน้ำตาล 1 ราชบุรี
- ง. โรงงานน้ำตาล 2 ราชบุรี
- จ. โรงงานน้ำตาลธนบุรี

8. น้ำทิ้งจากโรงงานใดทำให้เกิดภาวะน้ำเสียน้อยที่สุด

- ก. โรงงานกระดาษกาญจนบุรี
- ข. โรงงานกระดาษบ้านโป่ง
- ค. โรงงานน้ำตาล 1 ราชบุรี
- ง. โรงงานน้ำตาล 2 ราชบุรี
- จ. โรงงานน้ำตาลธนบุรี

9. ผลการเปรียบเทียบน้ำทิ้งจากโรงงานน้ำตาล 1 ราชบุรี กับโรงงานน้ำตาล
ธนบุรี ข้อใดถูกต้อง

- ก. น้ำทิ้งจากโรงงานทั้งสองแห่งมีคุณภาพเหมือนกัน
- ข. น้ำทิ้งจากโรงงานน้ำตาล 1 ราชบุรี มีคุณภาพดีกว่า
- ค. น้ำทิ้งจากโรงงานน้ำตาล 1 ราชบุรี มีขยะกากอ้อยมากกว่า
- ง. น้ำทิ้งจากโรงงานธนบุรีจะทำให้เกิดภาวะน้ำเสียได้น้อยกว่า
- จ. น้ำทิ้งจากทั้งสองแห่งจะมีปริมาณสารอินทรีย์ในน้ำเท่า ๆ กัน

10. ในการทดลองหยดเมธิลีนบลูลงไปในน้ำนมที่มียีสต์ สีของเมธิลีนบลูจะจาง
หายไป เพราะเหตุใด

- ก. น้ำนมมีสภาพเป็นกลาง
- ข. มีออกซิเจนเกิดขึ้นในน้ำนมมาก
- ค. ก๊าซออกซิเจนในน้ำนมถูกยีสต์ใช้ไปหมด
- ง. มีคาร์บอนไดออกไซด์เกิดขึ้นในน้ำนมมากเนื่องจากการหายใจของยีสต์
- จ. ยีสต์ใช้เมธิลีนบลูเป็นอาหาร

11. น้ำในข้อใด ไม่เหมาะที่จะสูบน้ำไปทำน้ำประปา

- ก. น้ำที่มีค่าบีโอดีต่ำกว่า 100 มิลลิกรัม/ลิตร
- ข. น้ำที่มีค่าคลอรีนต่ำกว่า 3 มิลลิกรัม/ลิตร
- ค. น้ำที่มีปริมาณของสารอินทรีย์อยู่ในน้ำน้อย
- ง. น้ำที่มีแบคทีเรียโคลิฟอร์มต่ำกว่า 10,000 เซลล์/100 ลูกบาศก์
เซนติเมตร
- จ. ถูกทุกข้อ

12. ในน้ำดื่มมาตรฐาน องค์การอนามัยโลกกำหนดให้มีแบคทีเรียโคลิฟอร์มเท่าไร

- ก. 1 เซล/ 1 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- ข. 1 เซล/ 10 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- ค. 1 เซล/100 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- ง. 1 เซล/1000 ลูกบาศก์เซนติเมตร
- จ. ไม่ให้มีแบคทีเรียโคลิฟอร์มในน้ำดื่มเลย

13. กระทรวงอุตสาหกรรมได้กำหนดให้โรงงานปล่อยน้ำเสียที่มีค่าบีโอดีเท่าไร

- ก. 3 มิลลิกรัม/ลิตร
- ข. 20 มิลลิกรัม/ลิตร
- ค. 40 มิลลิกรัม/ลิตร
- ง. 50 มิลลิกรัม/ลิตร
- จ. 100 มิลลิกรัม/ลิตร

ใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 14 ถึงข้อ 15

หลอดที่	ปริมาณ (cm ³)				เวลา เริ่มต้น	เวลาที่สี เมธิลีนบลู จาง	เวลาที่ใช้ ทั้งหมด (นาที)
	นม	น้ำ	ยีสต์	เมธิลีนบลู			
1.	1.5	4.5	2	1	14.00	15.00	60
2.	3.0	3.0	2	1	14.00	14.15	15
3	6.0	0.0	2	1	14.00	14.10	10

14. จากข้อมูลในการวางปัจจัยใดที่ทำให้เวลาที่ใช้ในการจางของสี่เมธิลินบลูแตกต่างกัน
- ก. ปริมาณน้ำในหลอด
 - ข. ปริมาณของยีสต์
 - ค. จำนวนเมธิลินบลู
 - ง. ความเข้มข้นของน้ำนม
 - จ. ปริมาณก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้น
15. การทดลองดังกล่าวมีตัวแปรใดบ้างที่ไม่ต้องควบคุม
- ก. ปริมาณของยีสต์
 - ข. ความเข้มข้นของน้ำนม
 - ค. จำนวนหยดของเมธิลินบลู
 - ง. ปริมาณสารละลายในแต่ละหลอด
 - จ. เวลาที่ใช้เริ่มต้นในการทดลอง
16. แบคทีเรียโคลิฟอร์มที่มีชื่อว่า E.coli จะพบได้ที่ใดบ้าง
- ก. แม่น้ำลำคลอง
 - ข. ในอากาศทั่วไป
 - ค. ในดินที่ร่วนซุย
 - ง. ความซากอินทรีย์สาร
 - จ. ในลำไส้ใหญ่ของคน
17. ข้อใดคือความหมายของคำว่า "โคโลนี"
- ก. จำนวนแบคทีเรียมากกว่า 1 เซลล์ขึ้นไป
 - ข. จำนวนแบคทีเรียที่แบ่งเซลล์ใหม่
 - ค. กลุ่มของแบคทีเรียแต่ละกลุ่ม
 - ง. กลุ่มของแบคทีเรียแต่ละกลุ่มมาต่อกันเป็นสายยาว
 - จ. กลุ่มของแบคทีเรียที่อยู่รวมกัน 2 กลุ่มขึ้นไป
18. ถ้านักเรียนต้องการจะตรวจสอบว่าในน้ำมีจุลินทรีย์หรือไม่โดยวิธีอย่างไร
- ก. นำน้ำมาตรวจสอบหาค่าบีโอดี

18. ถ้านักเรียนต้องการจะตรวจสอบว่าในน้ำมีจุลินทรีย์หรือไม่โดยวิธีง่าย ๆ ควรทำอย่างไร
- นำน้ำมาตรวจสอบหาค่าบีโอดี
 - นำน้ำมาใส่จานเพาะเชื้อที่มีอาหารจุลินทรีย์
 - ใส่ชยะลงในน้ำแล้วดูระยะเวลาที่ใช้ในการย่อยสลาย
 - สังเกตลักษณะและกลิ่นของน้ำ
 - นำน้ำไปส่องดูจุลินทรีย์ด้วยกล้องจุลทรรศน์
19. นักเรียนจะพบปริมาณแบคทีเรียในน้ำชนิดใดมากที่สุด
- น้ำอึกลม
 - น้ำฝน
 - น้ำประปา
 - น้ำหวาน
 - น้ำแข็ง
20. การถนอมอาหารโดยวิธีสเตอริไลส์ อาศัยหลักการใด
- ให้ความร้อนค่า 0 องศาเซลเซียส
 - ให้ความร้อน 0 องศาเซลเซียส
 - ให้ความร้อนประมาณ 80 องศาเซลเซียส
 - ให้ความร้อนประมาณ 100 องศาเซลเซียส
 - ให้ความร้อนมากกว่า

21. จงพิจารณาข้อความต่อไปนี้

1. นมกล่อมอยู่เอซที นำนการฆ่าเชื้อแบบสเตอริไลส์
2. การฆ่าเชื้อโรคแบบพลาสมาเทอร์ไรส์ต้องใช้ความร้อนและความดันสูง
3. เครื่องมือแพทย์ก่อนใช้จะต้องฆ่าเชื้อโรคด้วยวิธีสเตอริไลส์
4. วิธีการฆ่าเชื้อโรคแบบสเตอริไลส์จะใช้เวลานาน ๆ
5. การใช้ความร้อนระดับสูงจะเกิดและเพิ่มความดันจะทำลายเชื้อโรคได้หมด

ข้อความดังกล่าวข้อใดกล่าวถูกต้อง

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

22. มาตรฐานน้ำดื่มจากโรงงานอุตสาหกรรมได้กำหนดว่าน้ำดื่มจากโรงงานอุตสาหกรรมจะต้องไม่มีสารข้อใด

- | | |
|-------------------|---------------|
| ก. ฟีนอล | ข. โซเดียม |
| ค. คาร์โบไฮเดรต | ง. สารแขวนลอย |
| จ. สารที่ละลายน้ำ | |

23. พืชของไลเทอริติกที่ทำลายระบบประสาทส่วนกลางและระบบกล้ามเนื้อ

- | | |
|------------|-------------|
| ก. ตะกั่ว | ข. แคดเมียม |
| ค.ปรอท | ง. สารหนู |
| จ. สังกะสี | |

24. นาย ก เป็นคนโรงงานแห่งหนึ่งซึ่งไม่สบายมีอาการปวดท้อง เหนื่อย
มีสีคล้ำดำ ภายหลังมีอาการอัมพาต สันนิษฐานได้ว่านาย ก ทำงาน
ที่โรงงานใด
- ก. โรงงานผลิตกระดาษ ข. โรงงานผลิตแบทเทอรี
 - ค. โรงงานทำปลาป่น ง. โรงงานผลิตรองเท้า
 - จ. โรงงานผลิตพลาสติก
25. ในผงซักฟอกมีสารชนิดใดที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช
- ก. สารประกอบซัลเฟต ข. สารประกอบคลอไรด์
 - ค. สารประกอบฟอสเฟต ง. สารประกอบคาร์บอเนต
 - จ. สารประกอบออกไซด์
26. ข้อใดอธิบายประโยชน์และโทษของผงซักฟอกได้ถูกต้องที่สุด
- ก. ผงซักฟอกที่มีความเข้มข้น 100 ส่วนในล้านส่วนทำให้พิษน้ำ
เจริญเติบโต
 - ข. สารละลายผงซักฟอกจะไปเคลือบเมล็ดพืชทำให้รากออกซิเจน
สำหรับหายใจ
 - ค. สารละลายผงซักฟอกเมื่อนำไปทดสอบกระดาษลิตมัสจะเปลี่ยน
สีน้ำเงินเป็นแดง
 - ง. ผงซักฟอกที่ไร้ซัลเฟตน้ำเมื่อทิ้งลงสู่แม่น้ำจะไม่มีผลต่อการเน่าเสีย
ของน้ำในแม่น้ำ
 - จ. ในผงซักฟอกมีธาตุที่เป็นอาหารหลักของพืชคือ ธาตุโบรอนและโพแทสเซียม
และไนโตรเจน

27. โรงงานแห่งหนึ่งได้มีระบบการกำจัดน้ำเสียก่อนปล่อยลงสู่แม่น้ำด้วยวิธีการต่อไปนี้

1. นำน้ำทิ้งมาใส่ไว้ในบ่อพัก
2. เก็บออกซิเจนโดยให้กังหันใบพัดหมุนค้ำน้ำให้แตกกระจาย
3. ทำให้ตกตะกอนโดยธรรมชาติ แล้วระบายออก
4. บดผสมสารเคมีพวกฟอสเฟตและยูเรียในน้ำทิ้งเพื่อเป็นอาหารแก่จุลินทรีย์

ข้อใดลำดับขั้นตอนการกำจัดน้ำเสียของโรงงานอุตสาหกรรมได้ถูกต้อง

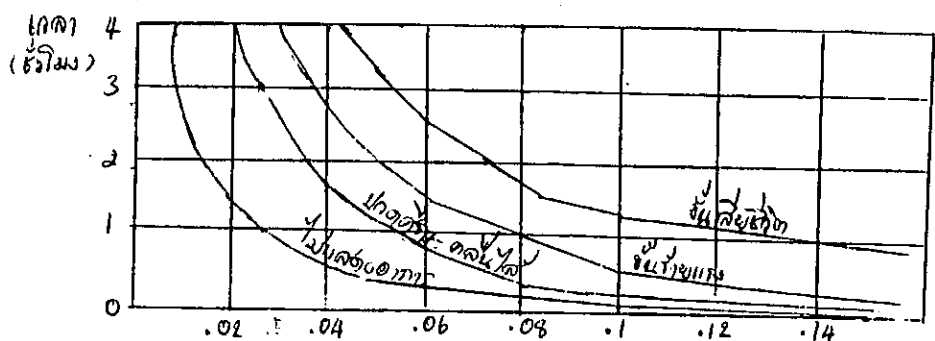
- | | |
|---------------|---------------|
| ก. 1, 2, 4, 3 | ข. 1, 4, 2, 3 |
| ค. 2, 1, 4, 3 | ง. 2, 4, 1, 3 |
| จ. 4, 2, 1, 3 | |

28. การเก็บออกซิเจนลงไปในน้ำในขั้นตอนการกำจัดน้ำเสียมีวัตถุประสงค์อะไร

- ก. เพื่อให้สารที่อยู่ในน้ำตกตะกอนเร็วขึ้น
- ข. เพื่อให้จุลินทรีย์ที่อยู่ในน้ำใช้ในการหายใจ
- ค. เพื่อให้พืชน้ำใช้ในการสังเคราะห์แสง
- ง. เพื่อให้สัตว์น้ำใช้ออกซิเจนในการหายใจ
- จ. เพื่อให้ออกซิเจนไปทำลายเชื้อจุลินทรีย์ที่ทำให้น้ำเสีย

29. อ่างเลี้ยงปลาจะต้องใช้เครื่องสูบน้ำอากาศลงไปพ่นอากาศในน้ำเพื่อประโยชน์อะไร
- ทำให้ค่าบีโอดีของน้ำเพิ่มมากขึ้นโดยรวดเร็ว
 - ช่วยให้เกิดการตกตะกอนของสิ่งมีพิษในตู้ปลา
 - เติมก๊าซออกซิเจนให้แก่จุลินทรีย์ในน้ำได้เพียงพอเพียง
 - เพื่อความสวยงามเหมือนธรรมชาติที่มีพองก๊าซในน้ำ
 - เติมก๊าซออกซิเจนให้แก่ปลา เพื่อปลาจะได้รับออกซิเจนมากพอ
30. จากข้อความที่กล่าวว่า "อุณหภูมิเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่ทำให้ปฏิกิริยาเกิดขึ้นเร็วหรือช้าลง" นักเรียนคิดว่าข้อใดไม่ใช่ผลที่เกิดขึ้นเมื่ออุณหภูมิของน้ำสูงกว่าปกติ
- ออกซิเจนจะละลายในน้ำได้น้อยลง
 - สิ่งมีชีวิตในน้ำจะมีการเต้นของหัวใจเร็วขึ้น
 - ปลาจะวางไข่ช้ากว่าเดิม คือ หลังฤดูวางไข่
 - สาหร่ายและพืชน้ำจะแพร่พันธุ์ได้อย่างรวดเร็ว
 - ไม่มีข้อใดผิด
31. จากกรณีที่เรือบรทุกน้ำมันชนกับเรือโดยสารทำให้เกิดความเสียหายอย่างมากมายกотьทรัพย์สินของบริษัทเดินเรือทั้งสอง นอกจากนี้ยังมีส่วนทำให้มลภาวะทางน้ำเสียด้วย โดยมีคราบน้ำมันและสิ่งของต่าง ๆ ลอยอยู่ในน้ำ นอกจากนี้ยังทำให้สัตว์น้ำอื่นได้แก่ ปลา หอย กุ้ง ไก่ล้มตายเป็นจำนวนมาก นักเรียนคิดว่าเพราะสาเหตุใดที่ทำให้สัตว์น้ำตาย
- อาหารบริเวณนั้นเกิดการขาดแคลน
 - เนื่องจากกลิ่นเหม็นของน้ำมัน ค. แสง
 - แสงแดดไม่สามารถจะส่องผ่านลงไปใต้น้ำได้
 - เนื่องจากสารพิษที่ละลายอยู่ในน้ำมัน เช่น ตะกั่ว
 - ออกซิเจนในอากาศไม่สามารถละลายลงไปใต้น้ำได้

ให้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 32 ถึงข้อ 33



ความเข้มข้นของก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ในอากาศ (%)

32. ถ้านักเรียนอยู่ในสภาพที่มีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ 0.15 % เป็นเวลา 1 ชม. จะรู้สึกอย่างไร
- ก. ไม่แสดงอาการ ข. เริ่มมีอาการคลั่งได้
- ค. ปวดศีรษะ ง. มีอาการรุนแรง
- จ. เสียชีวิต
33. ถ้านักเรียนอยู่ในสถานที่ที่มีก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์เข้มข้น .1 % จะมีชีวิตอยู่ได้นานประมาณเท่าใด
- ก. $1\frac{1}{2}$ ชั่วโมง ข. $2\frac{1}{2}$ ชั่วโมง
- ค. $3\frac{1}{2}$ ชั่วโมง ง. $4\frac{1}{2}$ ชั่วโมง
- จ. $5\frac{1}{2}$ ชั่วโมง
34. ก๊าซไฮโดรคาร์บอนเป็นก๊าซที่มักจะพบเห็นอยู่ทั่วไป โดยเฉพาะในธรรมชาติ ซึ่งส่วนมากมักจะเกิดมาจากอะไร
- ก. การเผาไหม้ของเครื่องยนต์
- ข. มูลของสัตว์ต่าง ๆ ค. การระเบิดของภูเขาไฟ
- ง. การหุงต้มอาหารต่าง ๆ จ. การเน่าเปื่อยของสารอินทรีย์

35. เชื้อเพลิงชนิดใดที่ทำให้เกิดปัญหามลพิษมากที่สุด
- ก. แก๊ส ข. ถ่านหิน
ค. น้ำมันดีเซล ง. น้ำมันเบนซิน
จ. ไม่มีข้อใดถูก
36. ในปัจจุบันประชาชนเริ่มหันมาใช้แก๊สในรถยนต์แทนน้ำมัน เบนซินกันมาก นักเรียนคิดว่าในแง่ของปัญหาสิ่งแวดล้อม มีความเหมาะสมหรือไม่
- ก. เหมาะสม เพราะให้สารที่ ทำให้อากาศเป็นพิษน้อยกว่าแก้ม
ข. เหมาะสม เพราะมีราคาถูกกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงมาก
ค. ไม่เหมาะสม เพราะต้องดัดแปลงเครื่องยนต์ใหม่
ง. ไม่เหมาะสม เพราะจะทำให้เกิดอันตรายได้ง่าย
จ. ไม่เหมาะสม เพราะทำให้เกิดการขาดแคลนแก๊สในการขนส่ง
37. การเผาไหม้ก๊าซโซลินในเครื่องยนต์ ก๊าซพิษที่เกิดมามากที่สุดคืออะไร
- ก. ไนโตรเจน ข. ไนโตรเจนไดออกไซด์
ค. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ง. ไฮโดรคาร์บอน
จ. คาร์บอนมอนอกไซด์
38. ก๊าซซัลเฟอร์ ไดออกไซด์ส่วนใหญ่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ในเรื่องใด
- ก. การระเบิดภูเขา ข. การทำปุ๋ยหมัก
ค. การเผาไหม้ถ่านหิน ง. การทดลองอาวุธใหม่ ๆ
จ. ท่อไอเสียของรถยนต์

36. ในปัจจุบันประชาชนเริ่มหันมาใช้แก๊สในรถยนต์แทนน้ำมันเบนซินกันมาก นักเรียนคิดว่าในแง่ของปัญหาสิ่งแวดล้อม มีความเหมาะสมหรือไม่
- ก. เหมาะสม เพราะให้สารที่ทำให้อากาศเป็นพิษน้อยกว่าเดิม
ข. เหมาะสม เพราะมีราคาถูกกว่าน้ำมันเชื้อเพลิงมาก
ค. ไม่เหมาะสม เพราะต้องดัดแปลงเครื่องยนต์ใหม่
ง. ไม่เหมาะสม เพราะจะทำให้เกิดอันตรายได้ง่าย
จ. ไม่เหมาะสม เพราะทำให้เกิดการขาดแคลนแก๊สในการหุงต้ม
37. การเผาไหม้ก๊าซโซลีนในเครื่องยนต์ ก๊าซพิษที่เกิดมากที่สุดคืออะไร
- ก. ไนโตรเจน ข. ไนโตรเจนไดออกไซด์
ค. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ง. ไฮโดรคาร์บอน
จ. คาร์บอนมอนอกไซด์
38. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ส่วนใหญ่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ในข้อใด
- ก. การระเบิดภูเขา ข. การทำปุ๋ยหมัก
ค. การเผาไหม้ถ่านหิน ง. การทดลองอาวุธใหม่ ๆ
จ. ท่อไอเสียของรถยนต์

37. การเผาไหม้ก๊าซโซลีนในเครื่องยนต์ ก๊าซพิษที่เกิดมากที่สุดคืออะไร
- ก. ไนโตรเจน ข. ไนโตรเจนไดออกไซด์
ค. ซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ง. ไฮโดรคาร์บอน
จ. คาร์บอนมอนอกไซด์

38. ก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ส่วนใหญ่เกิดจากการกระทำของมนุษย์ในข้อใด
- ก. การระเบิดภูเขา ข. การทำปุ๋ยหมัก
- ค. การเผาไหม้ถ่านหิน ง. การทดลองอาวุธใหม่ ๆ
- จ. ห่อไอเสียของรถยนต์

39. ข้อใดไม่ใช่สาเหตุที่ทำให้กินเสีย

- ก. การทำเหมือง
- ข. สารเคมีและโลหะเหลือทิ้ง
- ค. การหักร้างทางป่า
- ง. การใส่ปุ๋ยอินทรีย์ให้กับพืชหลาย ๆ ครั้ง
- จ. การทิ้งขยะมูลฝอยและสิ่งปฏิกูลบนดิน

40. การใส่ปุ๋ยในข้อใดที่ทำให้กินเสีย

- ก. การนำปุ๋ยยูเรียจำนวนมากใส่ในกิน
- ข. การนำฟางข้าวมากลุมกินตลอดแถวพืชที่เพาะปลูก
- ค. การนำปุ๋ย มาใส่ในกินเล็กน้อยรอบคันพืช
- ง. การนำมูลสัตว์ที่แห้งจำนวนมากมาโปรยลงกินที่เพาะปลูก
- จ. ทุกข้อที่กล่าวมาไม่ใช่สาเหตุที่ทำให้กินเสีย

41. ถ้านักเรียนนำดินมาละลายน้ำกลั่นแล้วปล่อยให้ดินตกตะกอน จากนั้นใช้กระดาษลิตมัสสีน้ำเงินทดสอบปรากฏว่าเปลี่ยนเป็นสีแดง ส่วนกระดาษลิตมัสสีแดงไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง แสดงว่าดินที่นำมาทดสอบเป็นดินชนิดใด

- ก. ดินจืด
- ข. ดินเค็ม
- ค. ดินเปรี้ยว
- ง. ดินดุกม
- จ. ดินร่วน

จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 42 ถึงข้อ 45

จากการทดลองนำดินร่วนซุยมาใส่กระถางแล้วนำขยะชนิดต่าง ๆ ใส่ในดินเป็นเวลา 4 สัปดาห์ ได้ผลดังตารางต่อไปนี้

สัปดาห์ที่	การเปลี่ยนแปลงที่สังเกตได้				
	พลาสติก	กระดาษขาว	ผ้าขาว	ซากแมลง	ใบไม้แห้ง
1	ไม่เปลี่ยน	ไม่เปลี่ยน	ไม่เปลี่ยน	เริ่มเน่าเปื่อย	มีรากขาว
2	ไม่เปลี่ยน	ไม่เปลี่ยน	ไม่เปลี่ยน	เหลืออยู่บ้าง	มองดูขุย
3	ไม่เปลี่ยน	ไม่เปลี่ยน	ไม่เปลี่ยน	-	มองดูขุย
4	ไม่เปลี่ยน	ขุยบ้าง	ขุยบ้าง	-	เปื่อยขุย

42. ถ้านักเรียนไม่ต้องการให้ดินเสีย ควรจะเลือกทิ้งขยะชนิดใดลงไป

- ก. พลาสติก - กระดาษขาว
- ข. ผ้าขาว - กระดาษขาว
- ค. กระดาษขาว - ใบไม้แห้ง
- ง. ใบไม้แห้ง - ซากแมลง
- จ. ซากแมลง - กระดาษขาว

43. จากการทดลองนี้นักเรียนจะตั้งสมมุติฐานได้อย่างไร
- ชยะทำให้กินเสียได้
 - ชยะแต่ละชนิดทำให้คุณภาพของกินต่างกัน
 - ซากของสิ่งมีชีวิตเน่าเปื่อยบูดเร็วกว่าซากสิ่งเคราะห์
 - ซากพืชซากสัตว์ช่วยให้กินดี
 - ของที่เน่าเปื่อยเร็วทำให้กินดี
44. ในสัปดาห์ที่ 5 นักเรียนคิดว่าจะมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้นอย่างไร
- พลาสติกมีการเปลี่ยนแปลงบ้างเล็กน้อย
 - พลาสติกยังคงไม่มีการเปลี่ยนแปลง
 - น้ำขาวจะเปื่อยบูดจะมองไม่เห็นซากเหลืออยู่
 - กระดาษขาวเปื่อยบูดพอมองเห็นบ้างเล็กน้อย
 - ชยะทั้งหมดยังคงมีชยะเหมือนเดิมไม่มีการเปลี่ยนแปลง
45. วัตถุนิโคที่ไม่ควรทิ้งลงในดินเพราะจะทำให้กินเสียได้มากที่สุด
- พลาสติก
 - กระดาษขาว
 - น้ำขาว
 - ซากแมลง
 - ใบไม้แห้ง
46. การกำจัดชยะโดยวิธีใดที่จะทำให้สิ่งแวดล้อมเกิดมลพิษน้อยที่สุด
- นำชยะไปเผา
 - ทิ้งชยะลงสู่แม่น้ำลำคลอง
 - ทิ้งชยะลงบนพื้นดิน
 - ชุกหลุมหรือบ่อฝังชยะ
 - นำไปทิ้งในที่ทางไกลชุมชน

47. ข้อใดเป็นขั้นตอนที่ถูกต้องในการกาจัดขยะของกรุงเทพมหานคร

1. คัดเลือกวัตถุที่เป็นเชื้อเพลิง
2. ร่อนแยกเศษกินนำไปทำปุ๋ย
3. นำขยะเข้าเตาเผาฆ่าเชื้อโรค
4. นำขยะไปตากให้แห้ง
5. นำขยะเข้าเครื่องบด

ก. 1,2,3,4,5

ข. 1,2,4,5,3

ค. 1,3,2,5,4

ง. 1,4,5,3,2

จ. 1,4,2,5,3

48. ข้อใดไม่ใช่สาเหตุที่ทำให้เกิดสิ่งแวดล้อมเป็นพิษ

ก. น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม

ข. การฉีกยาฆ่าแมลงศัตรูพืช

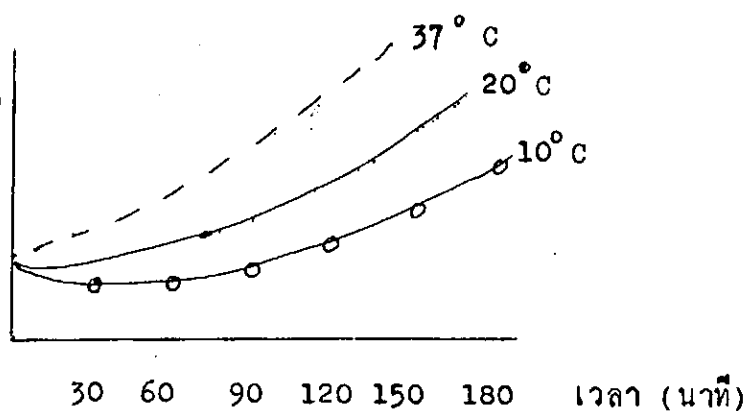
ค. สิ่งที่เหลือจากการเกษตร

ง. มูลที่ได้มาจากวัวควาย

จ. ทุกข้อเป็นสาเหตุให้สิ่งแวดล้อมเป็นพิษ

49. จากการทดลองเลี้ยงแบคทีเรียโคลิฟอร์มที่อุณหภูมิต่าง ๆ กัน แล้วนำไปเข้าเครื่องนับจำนวนทุก ๆ 30 นาที ได้ผลดังกราฟต่อไปนี้

จำนวนแบคทีเรีย
โคลิฟอร์ม (เซลล์)



จากการทดลองนี้นักเรียนจะสรุปได้ว่าอย่างไร

- ก. จำนวนแบคทีเรียโคลิฟอร์มมีการเจริญเติบโตอย่างรวดเร็ว
- ข. ที่อุณหภูมิสูง ๆ จะเหมาะสมสำหรับการเจริญของแบคทีเรียโคลิฟอร์ม
- ค. ทุก 30 นาที จำนวนแบคทีเรียโคลิฟอร์มจะเพิ่มมากขึ้นอย่างรวดเร็ว
- ง. การที่แบคทีเรียโคลิฟอร์มแบ่งเซลล์ได้ไม่เท่ากันที่อุณหภูมิต่าง ๆ เนื่องจากปริมาณอาหารต่างกัน
- จ. แบคทีเรียโคลิฟอร์มจะเจริญเติบโตได้แตกต่างกันในที่ที่มีอุณหภูมิต่างกัน

50. ข้อใดเป็นการแก้ปัญหาอากาศเสียได้ดีที่สุด

- ก. ตัดถนนเพิ่มมากขึ้น
- ข. สร้างที่จอดรถยนต์เพิ่มมากขึ้น
- ค. ลดอัตราการเพิ่มประชากรในเมือง
- ง. จำกัดยานพาหนะที่จะแล่นผ่านเข้าเมือง
- จ. ควบคุมการวางผังเมือง

ภาคผนวก จ

แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

แบบทดสอบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3
จำนวน 75 ข้อ คะแนนเต็ม 75 คะแนน เวลา 1 ชม. 30 นาที

- คำชี้แจง
1. จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดแล้วทำเครื่องหมาย X ลงใน
กระดานคำตอบ
 2. ข้อสอบมี 5 ตอน แบ่งเป็นทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
5 ทักษะ
 3. ห้ามนำข้อสอบออกนอกห้องสอบ

ตอนที่ 1 ทักษะการตั้งสมมติฐาน

คำชี้แจง จากข้อมูลให้ตอบคำถามข้อ 1 - 2

นักเรียนคนหนึ่ง ทำการทดลองโดยมีขั้นตอนการดำเนินการทดลองดังนี้

1. นำกลองพลาสติกเบอร์ 1 สองใบทำความสะอาดและ
ฆ่าเชื้อด้วยฟอร์มาลิน
2. นำแป้งมันผสมกลูโคสต้มให้เดือด แล้วใส่ในกระปุกทั้งสอง
ด้วยปริมาณเท่า ๆ กัน
3. กระปุกใบที่ 1 ใส่ดินก้อนเล็ก ๆ ลงไป 1 ก้อน กระปุก
ใบที่ 2 ไม่ต้องใส่สิ่งใดลงไป
4. ปิดฝาแล้วนำไปไว้ในที่เหมาะสม
5. สังเกต บันทึกผลเป็นเวลา 10 วัน

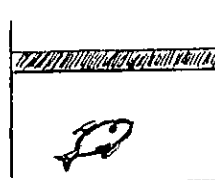
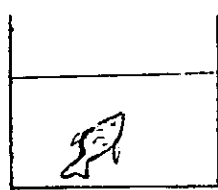
1. การทดลองกังกลาว เป็นการตรวจสอบสมมติฐานใด

- ก. ในกินมีจุลินทรีย์หรือไม่
- ข. จุลินทรีย์ในกินต้องมีหลายชนิด
- ค. ในกินมีจุลินทรีย์
- ง. จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้
- จ. พอร์มาลินสามารถฆ่าเชื้อโรคได้

2. สาเหตุของสมมติฐานกังกลาวคือข้อใด

- ก. ในกินจะมีจุลินทรีย์
- ข. พอร์มาลินสามารถฆ่าเชื้อโรคได้หรือไม่
- ค. จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้จริงหรือไม่
- ง. จุลินทรีย์ในกินจะมีกี่ชนิด
- จ. กินในแต่ละแห่งจะมีจุลินทรีย์ไม่เท่ากัน

3. จากภาพเป็นการทดลอง เพื่อทดสอบสมมติฐานใด



คราบน้ำมัน

- ก. ปลาในกระปุกที่มีน้ำมันหล่อลื่นจะตาย
- ข. คราบน้ำมันมีผลต่อการเจริญเติบโตของปลา
- ค. คราบน้ำมันมีผลต่อการดำรงชีวิตของปลา
- ง. คราบน้ำมันมีผลต่อการดำรงชีวิตของปลาหรือไม่
- จ. ปลาที่อยู่ในภาวะแวดล้อมเป็นพิษจะมีอายุสั้น

4. "ใส่สารละลายผงซักฟอกที่มีความเข้มข้น 0.1 %, 0.01 %, 0.001 % ชนิดละ 20 cm^3 ลงในกล่องพลาสติกเบอร์.1 แล้วใส่แทนลงในกล่องพลาสติกใบละ 5 ถัง ลงไปในแต่ละกล่อง ทั้งทิ้งไว้ให้ถูกแสงเป็นเวลา 10 วัน"

การทดลองดังกล่าว ผู้ทำการทดลองมีสมมติฐานการทดลองอย่างไร

- ก. แทนเจริญเติบโตได้ดี ในที่มีแสงแดดส่องถึง
- ข. แทนทุกกระป๋องจะมีจำนวนเพิ่มขึ้นเท่ากันหมด
- ค. ความเข้มข้นของสารละลายผงซักฟอกจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของแทน
- ง. ความเข้มข้นของสารอาหารมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชหรือไม่
- จ. สารละลายผงซักฟอกความเข้มข้น 0.01 % แทนเจริญเติบโตได้ดีมาก

5. จากผลการทดลองที่ได้จากการนำน้ำจากแหล่งต่าง ๆ มาตรวจสอบปริมาณ จุลินทรีย์ ได้ผลการทดลองดังตาราง

สาร	ผลการทดลอง
อาหาร + น้ำบ่อ	สูงมาก
อาหาร + น้ำประปา	สูงน้อย
อาหาร + น้ำกลั่น	ไม่เปลี่ยนแปลง

สมมติฐานการทดลองคือข้อใด

- ก. จุลินทรีย์เจริญเติบโตได้เมื่อมีอาหารเหมาะสม
 - ข. จุลินทรีย์จะมีมากที่สุดใต้น้ำบ่อ
 - ค. ในน้ำกลั่นไม่มีจุลินทรีย์
 - ง. จุลินทรีย์จากแหล่งน้ำต่าง ๆ มีความสามารถในการเจริญเติบโตต่างกัน
 - จ. น้ำจากแหล่งต่าง ๆ จะมีปริมาณจุลินทรีย์ไม่เท่ากัน
6. แหล่งน้ำแห่งหนึ่งมีอุณหภูมิผิวน้ำสูง 50 C ปรากฏว่าสิ่งมีชีวิตในน้ำตายหมดทั้ง ๆ ที่อุณหภูมิใต้น้ำต่ำกว่าประมาณ 29 C นักเรียนจะตั้งสมมติฐานการตายของสัตว์น้ำเหล่านั้นอย่างไร
- ก. สัตว์น้ำไม่สามารถไต่ขึ้นมาหายใจที่ผิวน้ำได้
 - ข. สัตว์น้ำขาดอากาศหายใจ เนื่องจากก๊าซละลายน้ำได้น้อยลง
 - ค. สัตว์น้ำถูกความร้อนบริเวณผิวน้ำลวก จึงตายไป
 - ง. อุณหภูมิของผิวน้ำกับน้ำระดับลึกต่างกันมาก สัตว์น้ำตายหมด
 - จ. ถูกทุกข้อ

7. จากถ้อยคำที่ว่า "สุมบุหรี้อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ" สมมติฐานข้อใด เป็นจริง

- ก. คนขายหมกถ้ำสุมบุหรี
- ข. บุหรีที่แต่ละยี่ห้อมีพิษเหมือนกัน
- ค. คนสุมบุหรีสุขภาพจะไม่แข็งแรง
- ง. ในบุหรีมีสารพิษสามารถตรวจสอบได้
- จ. ในบุหรีจะต้องมีสารบางชนิดที่เป็นประโยชน์

8. นักเรียนคนหนึ่งได้นำแป้งเปียกและกลูโคสผสมลงในกล่องพลาสติก แล้วนำไปทิ้งทิ้งไว้บริเวณโรงอาหารนาน 7 วัน ปรากฏว่า เป็นจุลและเส้นใย สีดำ-เขียว ในของผสมนั้น จากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นสมมติฐานข้อใด กล่าวถูกต้อง

- ก. จุลินทรีย์เจริญเติบโตในสารอาหาร
- ข. ในอากาศต้องมีจุลินทรีย์แน่นอน
- ค. ในอาหารมีจุลินทรีย์
- ง. น้ำตาลผสมแป้งเปียกเป็นอาหารของจุลินทรีย์
- จ. อากาศในบริเวณโรงอาหารมีจุลินทรีย์

9. นักเรียนคนหนึ่ง ได้ทำการทดสอบสมรรถภาพของร่างกายโดยการเขียนหนังสือในขณะที่มีเสียงดังแตกต่างกัน ได้ผลดังตาราง

ความดัง (dB)	จำนวนคำที่เขียนใน 1 นาที	จำนวนที่เขียนผิด
80	16	8
20	50	1
60	30	5
100	10	6

ข้อใดคือ สมมติฐานของการทดลอง

- ก. เขียนได้มากจะผิดมาก
 - ข. เสียงค่อยเขียนได้มากผิดมาก
 - ค. เสียงดังเขียนได้น้อยผิดน้อย
 - ง. จำนวนคำที่เขียนขึ้นกับความดังของเสียง
 - จ. เสียงดังหรือเบาจะมีผลต่อการทำงาน
10. สมมติฐานใดน่าจะเป็นสาเหตุของปัญหา เรื่องเสียงดังจากรถจักรยานยนต์
- ก. ประชานเห็นแก่ตัว
 - ข. การขาดความรับผิดชอบ
 - ค. การรู้เท่าไม่ถึงการณ์
 - ง. ขาดการดูแลเอาใจใส่
 - จ. ขาดสติยั้งคิด

11. ในพื้นที่บริเวณหนึ่งประชากรมีอาการปวดศีรษะอย่างรุนแรง ชูบดม เมื่อ
 วิจัยเบื้องต้น พบว่า ถนนหมู่บ้านถมด้วยกากแบทเทอร์จำนวนมาก
 อาจตั้งสมมติฐานได้ว่าอาการดังกล่าวเกิดจากสารพิษ ชนิดใด
- ก. ตะกั่ว
 - ข. แคดเมียม
 - ค. ปรอท
 - ง. สารหนู
 - จ. กำมะถัน
12. สมมติฐานที่กล่าวว่า "น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมมีอุณหภูมิสูงทำให้น้ำเสียได้" เหตุใดโคลอสันสนับสนุนสมมติฐานได้ดีที่สุด
- ก. อุณหภูมิสูงสัตว์น้ำและพืชน้ำจะตายหมด
 - ข. น้ำอุณหภูมิสูงกว้างขวาง ๆ ละลายน้ำได้น้อยลง
 - ค. น้ำอุณหภูมิสูง จุลินทรีย์ใช้ออกซิเจนมากขึ้น
 - ง. น้ำอุณหภูมิสูง ความหนาแน่นน้อย จึงเน่าเสียได้ง่าย
 - จ. น้ำอุณหภูมิสูงมาก พืชน้ำไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้
13. ในการทดลองแก้ไขปัญหาน้ำเสีย วิธีหนึ่งคือ การใส่ไบโพลีเมอร์ให้แตก
 กระจายเป็นละออง การกระทำดังกล่าว น้ำจะมาจากสมมติฐานใด
- ก. น้ำเป็นละอองจุลินทรีย์จะตายหมด
 - ข. ก๊าซออกซิเจนจะละลายน้ำได้ง่ายขึ้น
 - ค. สารอินทรีย์ต่าง ๆ จะกระจายไปกับน้ำ
 - ง. พืชน้ำปรุงอาหารได้มากขึ้น
 - จ. น้ำที่เป็นละอองระเหยได้ง่าย และหาสารพิษไปควบ

14. จากการทดลองปลูกสาหร่ายในหลอดทดลอง 2 หลอด ในน้ำหมักเดียวกัน โดยหลอดหนึ่งเติมน้ำมันลงไปเล็กน้อย นำไปไว้บริเวณเดียวกันเป็นเวลา 7 วัน ปรากฏว่าหลอดที่มีน้ำมันสาหร่ายจะตาย สมมติฐานใดสนับสนุนการทดลองและผลการทดลองดังกล่าว

- ก. สาหร่ายไม่ได้รับแสงแดด
- ข. คราบน้ำมันทำให้พืชสังเคราะห์แสงไม่ได้
- ค. สาหร่ายขาดอาหารไปเลี้ยงลำต้น
- ง. สารพิษจากคราบน้ำมันมีผลต่อการลำเลียงของสาหร่าย
- จ. พืชน้ำทุกชนิดไม่สามารถสังเคราะห์แสงได้ตามมีคราบน้ำมัน

15. ในการทดลองเพื่อหาปริมาณการใช้ออกซิเจนของยีสต์ นักเรียนคนหนึ่งได้ออกแบบการทดลอง ดังนี้

- ตัวแปรต้น คือ ความเข้มข้นของสารอาหาร
- ตัวแปรตาม คือ ระยะเวลาที่เมธิลีนบลูมีสีจางไป
- ตัวแปรควบคุม คือ ปริมาณยีสต์ ปริมาณสารแต่ละหลอดทดลอง

สมมติฐานของการออกแบบการทดลอง ดังกล่าวคือข้อใด

- ก. สารอาหารทุกชนิดมีออกซิเจนเป็นองค์ประกอบ
- ข. การหายใจของยีสต์ต้องใช้ก๊าซออกซิเจน
- ค. สารอาหารความเข้มข้นมาก ปริมาณออกซิเจนจะน้อยลง
- ง. ความเข้มข้นของสารอาหารจะมีผลต่อการใช้ออกซิเจนของยีสต์
- จ. เมธิลีนบลูสามารถให้ทราวจสอบออกซิเจนได้

ตอนที่ 2 ทักษะการกำหนดคณิยามเชิงปฏิบัติการ

16. การหาปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำ โดยการนำน้ำมาหยดใส่ลงในจานเพาะเชื้อ เมื่อทิ้งไว้ปรากฏเป็นจุดดำขาว เกิดขึ้น จึงสรุปการทดลองได้ว่า ในน้ำมีแบคทีเรีย การทดลองดังกล่าวข้อใดกล่าวถูกต้องกับคำว่า "แบคทีเรีย"
 - ก. เป็นพืชเซลล์เดียวเล็ก ๆ
 - ข. สืบพันธุ์โดยการแบ่งตัวเป็นสอง
 - ค. เมื่อมีจำนวนเซลล์เพิ่มขึ้นจะเห็นเป็นจุดดำ - ขาว
 - ง. เป็นพืชเล็ก ๆ สืบพันธุ์โดยการแบ่งตัวเป็นสอง
 - จ. เป็นสิ่งมีชีวิตเล็ก ๆ มองด้วยตาเปล่าไม่เห็น
17. ในการทดลองหาปริมาณออกซิเจนที่ยีสต์ ต้องการในการหายใจได้กำหนดกัวแปรต่าง ๆ คือ

กัวแปรต้น	ความเข้มข้นของน้ำตาล
กัวแปรตาม	ระยะเวลาของเมธิลีนบลูที่จางสีไป
กัวแปรควบคุม	ปริมาณยีสต์ สารอาหาร เมธิลีนบลู

 ข้อใดสรุปถูกต้อง เกี่ยวกับ เมธิลีนบลูในการทดลอง
 - ก. ทำปฏิกิริยากับก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์ ไม่มีสี
 - ข. เป็นสารสีฟ้าใช้เป็นอินดิเคเตอร์
 - ค. เป็นอินดิเคเตอร์ใช้ตรวจสอบออกซิเจนที่มีอยู่
 - ง. เมื่อรวมตัวกับออกซิเจนจะเป็นสีฟ้าทันที
 - จ. เมื่อออกซิเจนหมดไป จะมีสีจางจนไม่มีสี

18. ลักษณะใดที่ปรากฏให้เห็นได้จากการทดสอบหาปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำแล้ว จึงสรุปได้ว่า น้ำนั้นมีจุลินทรีย์ปนอยู่

- ก. สารในหลอดใสสะอาดขึ้น
- ข. ปริมาณสารในหลอดลดลง
- ค. สารในหลอดเริ่มขุ่นมากขึ้น
- ง. ปริมาณสารในหลอดเพิ่มขึ้น
- จ. ถูกทุกข้อ

คำชี้แจง จากข้อมูลให้ตอบคำถามข้อ 19 - 20

ใส่สารละลายผงซักฟอกที่มีความเข้มข้น 0.1 %, 0.01 %, 0.001 % ชนิดละ 20 cm^3 ลงในหลอดพลาสติกเบอร์ 1 แล้ว ใส่แทนลงในหลอดพลาสติกใบละ 5 ต้น ลงไปในแต่ละกล่อง ทั้งทิ้งไว้ให้ถูกแสงเป็นเวลา 10 วัน ลักษณะการทดลองดังกล่าว ถ้าทั้งสมมติฐานการทดลองว่า "ความเข้มข้นของสารละลายผงซักฟอกจะมีผลต่อการเจริญเติบโตของแทน"

19. คำว่าการเจริญเติบโต หมายความว่าถึงข้อใด

- ก. ความเขียวขจีของแทน
- ข. การมีลำต้นแข็งแรง
- ค. มีจำนวนใบเพิ่มขึ้น
- ง. ลำต้นมีขนาดใหญ่ขึ้น
- จ. มีจำนวนต้นเพิ่มขึ้น

20. คำว่า ความเข้มข้นของสารละลาย หมายความว่า ข้อใด
- จำนวนสารละลายที่ใส่ลงในแต่ละกลอง
 - ปริมาณผงซักฟอกในแต่ละกลอง
 - อัตราส่วนของผงซักฟอกและน้ำในแต่ละกลอง
 - ปริมาตรของน้ำที่ใส่ลงในผงซักฟอก
 - จำนวนผงซักฟอกที่จำเป็นในการเจริญเติบโตของแทน
21. นักเรียนคนหนึ่งได้นำแป้งเปียกผสมกลูโคส ใส่ลงในกล่องพลาสติก แล้วนำไปทิ้งทิ้งไว้บริเวณโรงอาหาร นาน 7 วัน ปรากฏว่า เป็นจุลชีพขาว และมีเส้นใยเกิดขึ้นในของผสมนั้น ข้อใดกล่าวอธิบายถึงจุลชีพขาว และเส้นใยต่าง ๆ ถูกต้อง
- สิ่งที่เกิดขึ้น คือ ราและแบคทีเรีย
 - จุลชีพขาว คือ จุลินทรีย์ที่เจริญเติบโต
 - จุลชีพขาว คือ แบคทีเรียที่เพิ่มจำนวนขึ้น
 - จุลชีพขาว-ดำ และเส้นใย คือ จุลินทรีย์ที่เพิ่มจำนวนจนมองเห็นรัก
 - เส้นใยต่าง ๆ คือ เชื้อราที่เพิ่มจำนวนขึ้น
22. จากคำกล่าวที่ว่า "สบู่มุหรี อาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ" ข้อใดสรุปความความหมายที่นำไปสู่การทดลองได้ถูกต้อง
- คนสบู่มุหรีจะเป็นโรคปอด
 - คนสบู่มุหรีจะเจ็บเหลือง หันเหลือง
 - คนสบู่มุหรีเป็นโรคมะเร็ง
 - คนสบู่มุหรีอายุสั้น
 - คนสบู่มุหรีจะทำงานขาดประสิทธิภาพ

23. การกำหนดตัวแปรของการทดลอง เพื่อตรวจสอบจุดอิ่มตัวในดิน
กำหนดไว้ว่า

ตัวแปรต้น ดิน

ตัวแปรตาม การเจริญเติบโตของจุดอิ่มตัว

ตัวแปรควบคุม อาหารวัน

ข้อใดแสดงให้เห็นว่า เป็นการเจริญเติบโตของจุดอิ่มตัว

ก. จุกค่า - ขาว และเส้นใยสีต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น

ข. สีของอาหารวันที่เปลี่ยนไป

ค. กลิ่นของอาหารในถาดเพาะเชื้อ

ง. ขนาดของจุกค่า - ขาว และเส้นใยสีต่าง ๆ

จ. ลักษณะของดินที่เปลี่ยนไป

24. ในการทดลองเพื่อศึกษา "ความชื้นทำให้เหล็กเปลี่ยนแปลงอย่างไร"

คำว่า เหล็กเปลี่ยนแปลง หมายความว่า ข้อใด

ก. เป็นสนิม

ข. ยุบร่น

ค. สีเปลี่ยนไป

ง. ขนาดเล็กลง

จ. ถูกทุกข้อ

25. การใช้ปุ๋ยวิทยาศาสตร์ในแปลงเพาะปลูกนาน ๆ จะมีผลต่อการเปลี่ยนแปลงสภาพของดิน ข้อใดสรุปความหมายของคำว่า การเปลี่ยนแปลงของดินที่สามารถทดสอบได้

ก. ค่า pH ของดิน

ข. สีของดิน

ค. ปริมาณแร่ธาตุที่ลดลง

ง. ปริมาณแร่ธาตุที่เพิ่มขึ้น

จ. ลักษณะเม็กดิน

26. คุณสมบัติใด บ่งบอกถึงก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ที่นำไปสู่การทดลอง
ได้ถูกต้อง

- ก. ไม่มีสี มีกลิ่นฉุน ข. มีสีน้ำตาลแดง มีกลิ่นฉุน
- ค. ทำลายเยื่อเมือกและทางเดินหายใจ
- ง. รวมตัวกับน้ำแล้วมีภาวะเป็นกรด
- จ. มาจากโรงงานอุตสาหกรรมและท่อไอเสียรถยนต์

27. คำว่า "น้ำเสีย" ข้อใดอธิบายได้ถูกต้องและตรวจสอบได้ง่ายที่สุด

- ก. มีค่า D.O. น้อยกว่า 3 mg/l
- ข. มีค่า BOD สูงกว่า 100 mg/l
- ค. มีสีค้ำ มีกลิ่นเหม็น
- ง. มีสารพิษมาก
- จ. มีค่า pH สูงหรือต่ำมาก ๆ

28. จากสมมติฐานในการทดลองหนึ่งกล่าวว่า

"การบำบัดน้ำแบบชีวภาพ มีผลต่อการดำรงชีวิตของพืชน้ำ" คำว่า
การดำรงชีวิตของพืชน้ำ ตรวจสอบได้ด้วยวิธีใด

- ก. ลักษณะการเจริญเติบโต
- ข. ระยะเวลาในการดำรงชีวิต
- ค. ขนาดและน้ำหนักของลำต้น
- ง. จำนวนลำต้นที่เพิ่มขึ้นใหม่
- จ. ลักษณะของใบที่เหลืองซีด

29. จากผลการทดลองที่ได้จากการนำน้ำจากแหล่งต่าง ๆ มาตรวจหาปริมาณ จุลินทรีย์ได้ผลการทดลองดังตาราง

สาร	ผลการสังเกต
อาหาร + น้ำบ่อ	ร้อนมาก
อาหาร + น้ำประปา	ร้อนน้อย
อาหาร + น้ำกลั่น	ไม่เปลี่ยนแปลง

ผลการทดลองที่พบนั้น ข้อใดอธิบายถึงความร้อน ได้ถูกต้อง

- ความร้อน แสดงถึง ชนิดของจุลินทรีย์
 - ร้อนมากแสดงว่ามีจุลินทรีย์มาก
 - จุลินทรีย์แต่ละชนิดเจริญเติบโตได้ไม่เท่ากัน
 - น้ำบ่อมีจุลินทรีย์มากกว่าน้ำประปา
 - น้ำกลั่นไม่ร้อน แสดงว่าไม่มีจุลินทรีย์
30. จากคำกล่าวที่ว่า น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมมีอุณหภูมิสูง ทำให้น้ำเสียได้ ข้อใดเป็นความหมายของคำว่าน้ำเสีย
- น้ำจากโรงงานอุตสาหกรรม
 - น้ำอุณหภูมิสูง
 - น้ำที่มีสารพิษเจือปน
 - น้ำมีปริมาณออกซิเจนน้อย
 - พิษน้ำและสัณฐานน้ำตายหมด

ตอนที่ 3 ทักษะการกำหนดคนและความคุมตัวแปร

คำชี้แจง จากข้อมูลให้ตอบคำถามข้อ 1 - 3

จากการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานว่า ในอากาศมีจุลินทรีย์หรือไม่ ได้ทดลองดังรายละเอียดข้างล่างนี้

1. นำกระปุกเบอร์ 1 2 ใบ ทำความสะอาดด้วยสารฆ่าเชื้อ
2. ใส่อาหารจุลินทรีย์ในกระปุกทั้ง 2 ด้วยปริมาณเท่า ๆ กัน
3. กระปุกหนึ่งเปิดฝาทิ้งไว้ อีกกระปุกหนึ่งปิดฝา
4. สังเกตบันทึกผล เป็นเวลา 2 สัปดาห์

31. ข้อใดคือสิ่งที่ต้องจัดการทำให้ต่างกัน

- ก. จุลินทรีย์ในอากาศ
- ข. การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์
- ค. สีของอาหารจุลินทรีย์ที่เปลี่ยนไป
- ง. ปริมาณสารอาหาร
- จ. กระปุกที่ปิดฝากับเปิดฝาทิ้งไว้

32. ข้อใดคือผลที่ของสังเกต

- ก. จุลินทรีย์ในอากาศ
- ข. การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์
- ค. สีของอาหารจุลินทรีย์ที่เปลี่ยนไป
- ง. ปริมาณสารอาหาร
- จ. กระปุกที่ปิดฝากับเปิดฝาทิ้งไว้

33. ข้อใดคือสิ่งที่ต้องจัดให้เท่า ๆ กัน

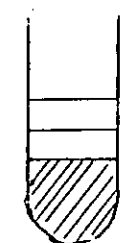
- ก. จุลินทรีย์ในอากาศ
- ข. การเจริญเติบโตของจุลินทรีย์
- ค. สีของอาหารวันที่เปลี่ยนไป
- ง. ปริมาณสารอาหาร
- จ. กระปุกที่ปิดฝา กับ เปิดฝาทิ้งไว้

34. ในการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานว่า "ความเข้มข้นของสารละลายมีผลต่อการเจริญเติบโตของเห็ด" ควรจัดสิ่งใดให้เท่ากันมากที่สุด

- ก. ความเข้มข้น, จำนวนเห็ด
- ข. ปริมาณของสารละลาย, จำนวนเห็ด
- ค. จำนวนเห็ด, การสังเกตการเจริญเติบโต
- ง. ขนาดภาชนะ, ความเข้มข้น
- จ. ปริมาณสารละลาย, ความเข้มข้น

จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 35 - 37

จากการทดลองหาปริมาณของเมธิลีนบลูที่จางหายไป โดยออกแบบการทดลองดังภาพ



นม + น้ำ



นม

เมธิลีนบลู
ยีสต์
อาหาร

35. สิ่งใดที่คงจกให้เท่ากัน

- | | |
|--------------------|---------------|
| ก. นม | ข. น้ำ |
| ค. ยีสต์ | ง. เมธิลินบลู |
| จ. ถูกทั้ง ค และ ง | |

36. สิ่งใดที่คงจกให้ต่างกัน

- | | |
|-------------------------------|--------------|
| ก. ปริมาณเมธิลินบลู | ข. ปริมาณน้ำ |
| ค. ความเข้มข้นของสารอาหาร | |
| ง. ปริมาณยีสต์ | |
| จ. ระยะเวลาเมธิลินบลูจางหายไป | |

37. การทดลองดังกล่าว ต้องการศึกษาส่งใด

- | |
|----------------------------------|
| ก. เวลาที่เมธิลินบลูจางสี |
| ข. ปริมาณความเข้มข้นอาหารที่ลดลง |
| ค. ปริมาณยีสต์ที่หมักไป |
| ง. ปริมาณออกซิเจนที่เหลือยู่ |
| จ. ถูกทั้ง ก และ ข |

คำชี้แจง จากข้อมูลให้ตอบคำถามข้อ 38 - 40

นักเรียนคนหนึ่งเกิดความคิดว่า เมล็ดพืชต่างชนิดกันจะใช้เวลาในการงอกนั้นจากเริ่มเพาะต่างกันหรือไม่ จึงออกแบบการทดลองโดยกำหนดสิ่งต่าง ๆ คือ

1. ชนิดของเมล็ดพืชที่นำมาเพาะ
2. ภาชนะและสิ่งบรรจุในภาชนะที่จะใช้เพาะเมล็ดพืช
3. ตำแหน่งและลักษณะการออกเมล็ดพืชลงในภาชนะ
4. สิ่งแวดล้อม ที่วางภาชนะเพาะเมล็ดพืช

38. สิ่งที่ต้องจัดให้เหมือนกัน คือ ข้อใด

ก. 1, 2

ข. 2, 3

ค. 3, 4

ง. 4, 1

จ. 2, 3, 4

39. สิ่งที่ต้องจัดให้ต่างกัน คือ ข้อใด

ก. 1, 2

ข. 2, 3

ค. 3, 4

ง. 4, 1

จ. 2, 3, 4

40. สิ่งที่ต้องศึกษาค้นคว้า คือ ข้อใด

ก. ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มเพาะเมล็ดจนพืชเริ่มงอก

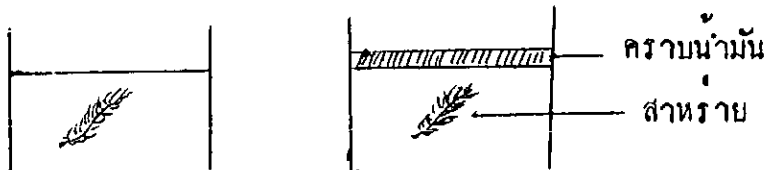
ข. ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มเพาะจนเจริญเติบโตเป็นต้น

ค. ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มงอกจนเติบโตเต็มที่

ง. ระยะเวลาตั้งแต่เริ่มงอกจนตาย

จ. ระยะเวลาตั้งแต่เติบโตเต็มที่จนตาย

คำชี้แจง จากข้อมูลใช้ตอบคำถามข้อ 41 - 43



41. การทดลองดังกล่าวยังไงที่จึกให้ต่างกัน

- ก. คราบน้ำมัน ข. ปริมาณน้ำ
ค. ขนาดภาชนะที่บรรจุ ง. สถานที่วางกล่องทดลองทั้งสอง
จ. ปริมาณน้ำมันหล่อลื่น

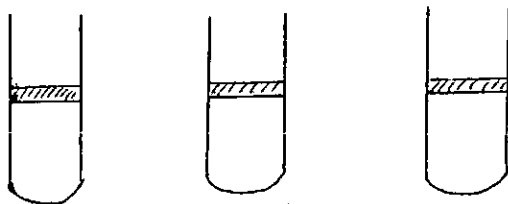
42. การทดลองดังกล่าวยังไงที่ศึกษาเรื่องใด

- ก. การจางหายไปของคราบน้ำมัน
ข. ปริมาณน้ำที่หมดไป
ค. การเจริญเติบโตของสาหร่าย
ง. ปริมาณออกซิเจนในน้ำ
จ. ถูกทุกข้อ

43. การทดลองดังกล่าวยังไงที่ควบคุมสิ่งใด

- ก. คราบน้ำมัน ข. สีของต้นสาหร่าย
ค. ปริมาณน้ำมันที่ใช้ ง. สถานที่จึกถึงภาชนะทั้งสอง
จ. ขนาดต้นสาหร่าย หลังการทดลอง

คำชี้แจง จากรูปใช้ตอบคำถามข้อ 44 - 45



น้ำขุ่น + น้ำประปา น้ำขุ่น + น้ำบ่อ น้ำขุ่น + น้ำคลอง

44. การทดลองดังกล่าวต้องควบคุมตัวแปรใด

- ก. ปฏิกิริยาให้แน่นสนิท
- ข. ล้างภาชนะก่อนการทดลองให้สะอาด
- ค. ใส่สารฆ่าเชื้อโรคไปภายในหลอดทดลอง
- ง. เช็กระยะควมฟอมาลีนก่อนทดลอง
- จ. เช็กระยะควมแอลกอฮอล์ก่อนทดลอง

45. การทดลองดังกล่าว ต้องการควบคุมในข้อใด

- ก. ความชื้นของสารในหลอด
- ข. ปริมาณสารในหลอด
- ค. สีของสารในหลอดทดลอง
- ง. เส้นใยที่เกิดขึ้นในหลอดทดลอง
- จ. ฟองก๊าซที่เกิดขึ้นในหลอดทดลอง

ตอนที่ 4 ทักษะการทดลอง

คำชี้แจง จากข้อมูลให้ตอบคำถามข้อ 46 - 47

46. จากตารางการออกแบบการทดลอง เพื่อหาค่าตอบว่า "ปุ๋ยทำให้พืชเจริญเติบโตเร็วขึ้นจริงหรือไม่" ของนักเรียน 3 คน แสดงได้ดังตาราง

นักเรียน	แบบแผนการทดลอง	
	ตาราง 1	ตาราง 2
A	ใส่ปุ๋ย รกน้ำ	ไม่ใส่ปุ๋ย ไม่รกน้ำ
B	ใส่ปุ๋ย รกน้ำ	ไม่ใส่ปุ๋ย รกน้ำ
C	ใส่ปุ๋ย รกน้ำ	ใส่ปุ๋ย ไม่รกน้ำ

แบบแผนการทดลองใดผิด

ก. A และ B ข. A และ C

ค. B และ C ง. A, B, C

จ. ทุกแบบแผนการทดลองถูกต้องหมด

47. ในการทดลองข้างกล่าว กิจอันที่กบดสิ่งใด

ก. น้ำหนักของพืช

ข. ปริมาณปุ๋ยที่หมดไป

ค. ความสูงและขนาดของพืช

ง. ความชื้นของพื้นดิน

จ. ปริมาณน้ำที่ใส่รดแก่ละวัน

48. ถ้านักเรียนต้องการทดสอบความเข้าใจของนักเรียนว่ามีเชื้อโรคหรือจุลินทรีย์หรือไม่ จะทำการทดลองตามข้อใด
- หಾಯใจลงในกล่องพลาสติกที่บีบปิดฝา แล้วนำของผสมที่อาหารจุลินทรีย์ผสมลงไป
 - นำกล่องพลาสติกที่ใส่ของผสมที่เป็นอาหารจุลินทรีย์ที่เตรียมไว้มาแล้วหಾಯใจลงไป
 - นำกล่องพลาสติกที่บีบปิดสนิทภายใน มีสารอาหารสำหรับจุลินทรีย์บีบเปิดปากกล่องแล้วหಾಯใจลงไปแล้วบีบปิดปากกล่องทันที
 - หಾಯใจลงไปในกล่องพลาสติกที่เช็ดล้างข้างด้วยฟอมาดินใหม่ ๆ แล้วจึงเติมอาหารจุลินทรีย์ลงไป
 - นำสารอาหาร 2 ชนิดใส่ในกล่องพลาสติกปริมาณเท่า ๆ กัน แล้วพ่นลมหಾಯใจลงไป บีบปิดปากทันที

คำชี้แจง จากข้อมูลใช้ตอบคำถามข้อ 49 - 51

นักเรียนคนหนึ่งนำแป้งเปียกและกลูโคสผสมลงไปในกล่องพลาสติก แล้วนำไปทิ้งทิ้งไว้บริเวณโรงอาหารนาน 7 วัน ปรากฏเป็นจุลาคำ - ขาว เส้นใยสีขาว เหลือง เทา ในของผสมนั้น

49. การทดลองดังกล่าวมีข้อบกพร่องในขั้นตอนใดมากที่สุด
- ขาดการควบคุม คือ สารอาหารใส่ภาชนะปิด
 - ขาดการควบคุมระยะเวลาในการทิ้งทิ้งไว้
 - ไม่เช็ดภาชนะก่อนทำการทดลอง
 - ถูกทั้ง ก และ ข
 - ถูกทั้ง ก ข และ ค

50. ถ้านักเรียนหาสารอาหารทั้งกล่าวไม่ได้ นักเรียนคิดว่าจะใช้สารในข้อใดทดแทนได้

- | | |
|-------------|-------------|
| ก. วุ้น | ข. น้ำกะทิ |
| ค. ทองหยอด | ง. น้ำอัดลม |
| จ. ชนม์ชั้น | |

51. การทดลองดังกล่าว ต้องบันทึกผลการทดลองตอนใดบ้าง

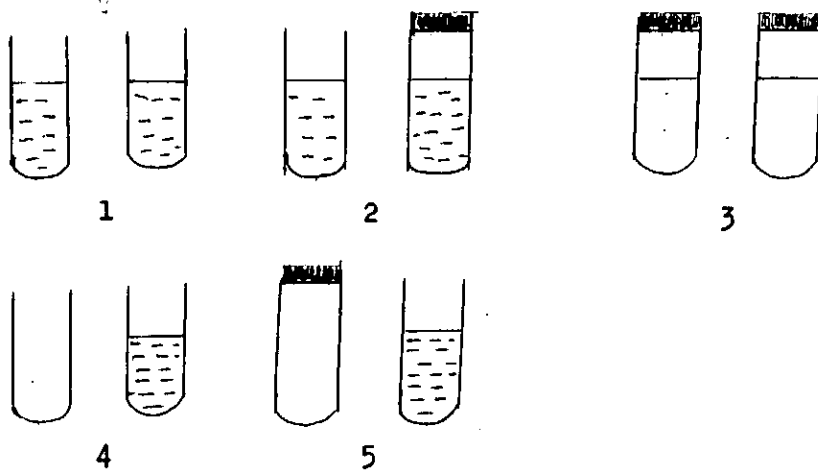
- ก. ผลสังเกตเห็นกลอศ 7 วัน
- ข. ผลสังเกตเห็นหลังจาก 7 วันแล้ว
- ค. ผลสังเกตเห็นก่อนทำการทดลองและหลังการทดลอง
- ง. ถูกทั้ง ก และ ค
- จ. ถูกทั้ง ก ข และ ค

52. นาย ก และนาย ข หาวิธีการเพาะเลี้ยงเชื้อโรค A พบว่า เมื่อสาร X ตกลงในจานเพาะเชื้อ A จะตายหมด เขาทั้งสองจึงตั้งสมมติฐานว่าสาร X ทำเชื้อโรค A ได้ ต่อมานาย ก นำสาร X ไปแนะนำให้ผู้ป่วยด้วยเชื้อโรค A กิน ผู้ป่วยตาย นาย ก ต้องโทษจำคุก นาย ข ก็ลองให้ผู้ป่วยอีกคนหนึ่งกิน ก็ตายอีก การทดลองดังกล่าวล้มเหลวเพราะเหตุใด

- | | |
|-------------------------|-------------------|
| ก. สมมติฐานผิด | ข. สังเกตการณ์ผิด |
| ค. การทดลองขาดตัวควบคุม | |
| ง. สรุปผลการทดลองผิด | |
| จ. การทดลองเสี่ยงเกินไป | |

คำชี้แจง จากข้อมูลให้ตอบคำถามข้อ 53 - 54

ภาพต่อไปนี้ แสดงถึง หลอดทดลองที่บรรจุอาหารสำหรับเลี้ยงแบคทีเรีย และผ่านการทำให้ปราศจากเชื้อโรคแล้ว



53. จากสมมติฐานที่กล่าวว่า ในอากาศมีแบคทีเรีย จะเลือกการทดลอง
ชุดใด

ก. 1 ข. 2 ค. 3 ง. 4 จ. 5

54. ถ้าต้องการทดสอบว่า จุลินทรีย์ในอากาศเจริญได้โดยอาศัยปัจจัยใด
ควรเลือกการทดลองชุดใด

ก. 1 ข. 2 ค. 3 ง. 4 จ. 5

55. ถ้าต้องการเปรียบเทียบปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศ บริเวณในห้องครัวและห้องนอน ควรปฏิบัติการทดลองตามข้อใด

- ก. บรรจุสารอาหารในกล่องพลาสติกขนาดเท่ากัน แล้วนำกล่องเปิดฝาไปทิ้งในห้องนอนและห้องครัว
- ข. บรรจุสารอาหารขนาดเท่ากัน ลงในกล่องพลาสติกขนาดต่างกัน ทิ้งไว้บริเวณห้องน้ำและห้องครัว
- ค. บรรจุสารอาหารต่างชนิดกัน ลงในกล่องพลาสติกขนาดเท่ากัน เปิดฝาทิ้งทิ้งไว้บริเวณห้องนอนและห้องครัว
- ง. บรรจุสารอาหารต่างชนิดกัน ลงในกล่องพลาสติกขนาดต่างกัน เปิดฝาทิ้งทิ้งไว้บริเวณห้องครัวและห้องนอน
- จ. บรรจุสารอาหารชนิดเดียวกัน ปริมาณต่างกันลงในกล่องพลาสติก เปิดฝาแล้วนำไปไว้ในห้องครัวและห้องนอน

คำชี้แจง จากข้อมูลใช้ตอบคำถามข้อ 56 - 58

แสดงการทดสอบหาปริมาณจุลินทรีย์ในอากาศ

1. เทของผสมทิ้งไป ถ้างกล่องถ้วยฟอมาลีน
2. ใช้สารละลายฟอมาลีน เช็ดกล่องพลาสติกและปากกล่อง
3. ใส่ของผสมลงในกล่อง แล้วปิดฝา อีก 2 ใบไม่ต้องปิดฝา
4. นำกล่องพลาสติกทั้งสองไปทิ้งไว้ในที่เหมาะสม
5. สังเกตและบันทึกผล เป็นเวลา 7 วัน

56. ข้อใดเรียงลำดับการทดลองได้ถูกต้อง

ก. 2, 3, 4, 5, 1

ข. 1, 2, 3, 4, 5

ค. 3, 4, 1, 2, 5

ง. 4, 1, 5, 3, 2

จ. 1, 3, 2, 5, 4

57. การป้องกันการแพร่กระจายของเชื้อโรคไปในอากาศคือชั้นคอนไค

ก. 1

ข. 2

ค. 3

ง. 4

จ. 5

58. การทดลองกังกล้าว การบันทึกผลสิ่งใด

ก. การเปลี่ยนแปลงของกระปุกปิดฝา ตลอด 7 วัน

ข. การเปลี่ยนแปลงของกระปุกเปิดฝา ตลอด 7 วัน

ค. ระยะเวลาในการเปลี่ยนแปลง

ง. จำนวนเส้นใยที่เกิดขึ้นหลังการทดลอง

จ. การเปลี่ยนแปลงของกระปุกเปิดฝา หลังสิ้นสุดการทดลอง

59. จากสมมติฐานที่กล่าวว่า "ความเข้มข้นของสารละลายผงซักฟอก มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชน้ำ" จะออกแบบการทดลองการขึ้นคอนไค

ก. ใช้ภาชนะต่างกัน ใส่สารละลายเท่ากัน พืชน้ำเท่ากัน

ข. ใช้ภาชนะขนาดต่างกัน ใส่สารละลายต่างกัน พืชน้ำต่างกัน

ค. ใช้ภาชนะขนาดเท่ากัน ใส่สารละลายเท่ากัน พืชน้ำต่างกัน

ง. ใช้ภาชนะขนาดเท่ากัน ใส่สารละลายต่างกัน พืชน้ำต่างกัน

จ. ใช้ภาชนะขนาดต่างกัน ใส่สารละลายเท่ากัน พืชน้ำต่างกัน

60. บรรจุน้ำ 5 ชนิด ปริมาณเท่า ๆ กัน ลงในหลอดทดลองขนาดเท่า ๆ กัน
แต่ละหลอดคบบรรจุน้ำต่าง ๆ คือ

1. น้ำฝน + น้ำสบู่
2. น้ำบอ + น้ำสบู่
3. น้ำคลอง + น้ำสบู่
4. น้ำประปา + น้ำสบู่
5. น้ำกลั่น + น้ำสบู่

นำมาเขย่าแล้วดูปริมาณของฟองสบู่ที่สูงขึ้น การทดลองดังกล่าวต้องการ
ศึกษาเรื่องใด

- ก. น้ำชนิดใดมีแร่ธาตุปนอยู่
- ข. น้ำชนิดใดเป็นน้ำกระด้างถาวร
- ค. น้ำชนิดใดเป็นน้ำกระด้างชั่วคราว
- ง. น้ำชนิดใดทำฟองกับสบู่ได้ดี
- จ. น้ำชนิดใดเป็นน้ำอ่อน

ตอนที่ 5 ทักษะการตีความหมายข้อมูลและลงข้อสรุป

คำชี้แจง จากข้อมูล زیرตอบคำถามข้อ 61 - 62

เกณฑ์ทดสอบ	ปริมาณสูงสุดที่กำหนดให้
1. BOD	80 mg/l
2. สารแขวนลอย	30 mg/l
3. สารละลายน้ำ	2,000 mg/l
4. pH	5 - 9
5. ไขมัน	ต้องไม่มี
6. น้ำมันดิบ	ต้องไม่มี
7. ฟีนอล	1 mg/l
8. อุณหภูมิ	40 C

61. น้ำในโรงงานแห่งหนึ่ง มี pH = 8 มีอุณหภูมิ 45 C มีค่า BOD = 80 mg/l อาจสรุปได้ว่า
- เป็นน้ำเสียห้ามปล่อยลงสู่แม่น้ำลำคลอง
 - อาจปล่อยลงได้เล็กน้อย
 - เป็นน้ำไม่ได้มาตรฐานน้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรม
 - เป็นน้ำที่เป็นพิษก่อภาวะแวดล้อม
 - ถ้าปล่อยลงสู่แม่น้ำลำคลองอาจทำให้สัตว์และพืชน้ำตายได้

62. จากการวางข้อใดสรุปถูกต้อง

- ก. น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมต้องเป็นน้ำที่
- ข. น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมต้องมีการควบคุมคุณภาพ
- ค. น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมต้องอยู่ในเกณฑ์มาตรฐานกำหนด
- ง. น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมทำให้ภาวะแวดล้อมเป็นพิษ
- จ. น้ำทิ้งจากโรงงานอุตสาหกรรมต้องไม่มีไขมันและน้ำมันคิน

63. การหาปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำ โดยนำน้ำมาหยดลงในจานเพาะเชื้อ เมื่อทิ้งไว้ปรากฏว่า เป็นจุดดำเกิดขึ้น การสรุปผลตามข้อใดถูกต้อง

- ก. สีดำเกิดจากสีต่าง ๆ ที่ละลายในน้ำ
- ข. จุดดำเกิดจากสารเคมีบางชนิดในน้ำ
- ค. จุดดำเกิดจากสภาพการเจริญเติบโตของจุลินทรีย์
- ง. จุดดำเกิดจากสารพิษในน้ำ
- จ. จุดดำเกิดจากปฏิกิริยาเคมีของน้ำกับสารอาหาร

คำชี้แจง จากข้อมูลไว้ตอบคำถามข้อ 64 - 66

จากข้อมูลแสดงการทดลองนำน้ำจากแหล่งต่าง ๆ มาหาปริมาณจุลินทรีย์ โดยนำมาใส่ในน้ำซูปแล้วใส่ลงในหลอกหกลองที่ฆ่าเชื้อแล้ว ได้ข้อมูลแสดงในการวาง

ชนิดของน้ำ	การเปลี่ยนแปลงสังเกตเห็น		
	1 วัน	2 วัน	3 วัน
1	ไม่เปลี่ยนแปลง	ขึ้น	ขึ้นมาก
2	ไม่เปลี่ยนแปลง	ขึ้น	ขึ้นเล็กน้อย
3	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง	ไม่เปลี่ยนแปลง

64. ข้อใดจัดเรียงลำดับปริมาณจลนทรีย์จากมากไปหาน้อยได้ถูกต้อง

ก. 1 - 2 - 3

ข. 2 - 1 - 3

ค. 3 - 1 - 2

ง. 1 - 3 - 2

จ. 3 - 2 - 1

65. จากการทดลองข้อใดสรุปถึงความชื้นที่เกิดขึ้นได้ถูกต้อง

ก. น้ำหนักที่ 1 และ 2 มีจลนทรีย์

ข. การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นเกิดจากจลนทรีย์

ค. ความชื้นเกิดจากปริมาณจลนทรีย์ที่เพิ่มขึ้น

ง. ระยะเวลาในการทดลองมีผลต่อการชื้นของน้ำ

จ. น้ำหนักที่ 3 ควรจะเป็นน้ำกลั่น

66. ถ้าน้ำทั้ง 3 ชนิด คือ น้ำบ่อ น้ำคลอง น้ำกลั่น ข้อใดสรุปถูกต้อง

ก. น้ำหนักที่ 1 ควรเป็นน้ำ บ่อ

ข. น้ำหนักที่ 2 ควรเป็นน้ำ คลอง

ค. น้ำหนักที่ 22 ควรเป็นน้ำ บ่อ

ง. น้ำหนักที่ 3 ควรเป็นน้ำ คลอง

จ. น้ำหนักที่ 1 ควรเป็นน้ำ กลั่น

คำชี้แจง จากข้อมูลใ้ตอบคำถามข้อ 67 - 68

จากการทดลองเพาะเมล็ดพืชได้ผลการทดลองดังตาราง

ระยะเวลา (วัน)	ความสูง (cm)
0	0
2	1.3
4	4.9
6	11.0
8	20.0
10	22.0

67. ระยะเวลาหลังการเพาะ เมล็ดพืชสัมพันธ์กับความสูงของพืชที่งอกและเติบโตอย่างไร

- ก. เมื่อเวลานานขึ้นความสูงเพิ่มขึ้น
- ข. อัตราส่วนการเพิ่มความสูงมีค่าคงที่
- ค. เมื่อนานวันอัตราส่วนความสูงจะเพิ่มขึ้น
- ง. เมื่ออยู่ในภาวะหนึ่งความสูงจะคงที่
- จ. เมื่อเวลานานขึ้นอัตราส่วนความสูงจะเพิ่มขึ้นเรื่อย ๆ

68. ระยะตั้งแต่วันที่ 2 ถึง 4 ความสูงจะเพิ่มขึ้นเท่าไร

- ก. 1.3 cm
- ข. 3.6 cm
- ค. 4.9 cm
- ง. 6.1 cm
- จ. 10.2 cm

69. ลักษณะใดที่ปรากฏให้เห็นได้จากการทดสอบหาปริมาณจุลินทรีย์ในน้ำ แล้วจึงสรุปได้ว่า ในน้ำมีจุลินทรีย์ปนอยู่

- ก. สารในหลอดใสสะอาดขึ้น
- ข. สารในหลอดขุ่นมากขึ้น
- ค. ปริมาณสารในหลอดเพิ่มขึ้น
- ง. ปริมาณสารในหลอดลดลง
- จ. สารในหลอดเกิดฟองก๊าซ

70. จากคำกล่าวที่ว่า "สุขุมหรืออาจเป็นอันตรายต่อสุขภาพ" ข้อใดสรุปถูกต้อง

- ก. สุขุมหรือมาก ๆ จะตายเร็ว
- ข. สุขุมเป็นอันตรายต่อผู้สุขุม
- ค. สุขุมเป็นอันตรายต่อผู้ใกล้ชิด
- ง. สุขุมเป็นอันตรายต่อสุขภาพของผู้สุขุม
- จ. สุขุมเป็นยาเสพติดชนิดหนึ่ง

คำชี้แจง จากข้อมูลให้ตอบคำถามข้อ 71 - 73

นักเรียนคนหนึ่ง นำนม 4 ชนิด มาตรวจดูความเข้มข้นด้วยวิธีการใช้
ปริมาณออกซิเจนที่ยีสต์ต้องการ เป็นหลักได้ผลดังตาราง

ชนิดที่	ยีสต์ (cm^3)	เมธิลีนบลู (cm^3)	เวลาที่เมธิลีนบลูจางสี (นาที)
1	2	2	2
2	2	2	4
3	2	2	1
4	2	2	3

71. นมชนิดใดมีความเข้มข้นมากที่สุด

- ก. ชนิดที่ 1 ข. ชนิดที่ 2
 ค. ชนิดที่ 3 ง. ชนิดที่ 4
 จ. ยังสรุปแน่นอนไม่ได้

72. จากผลการทดลองข้อใดสรุปถูกต้อง

- ก. นมแต่ละชนิดมีความเข้มข้นต่างกัน
 ข. นมชนิดที่ 3 มีความเข้มข้นน้อยสุด
 ค. นมชนิดที่ 2 มีความเข้มข้นมากที่สุด
 ง. นมชนิดที่ 1 มีความเข้มข้นน้อยสุด
 จ. นมชนิดที่ 4 มีความเข้มข้นน้อยสุด

75. สารพิษจากแหล่งใดเป็นอันตรายต่อระบบหายใจมากที่สุด

ก. แหล่งที่ 1

ข. แหล่งที่ 2

ค. แหล่งที่ 3

ง. แหล่งที่ 4

จ. แหล่งที่ 5