รายงานการวิจัย

เรื่อง

ผลของการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนที่มีต่อความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม

โดย

อาจารย์พิธุลาวัณย์ ศุภอุทุมพร

สนับสนุนโดย
เงินทุนเพื่อการวิจัย กองทุนคณะครุศาสตร์
ปี 2552
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
พ.ศ. 2559

พิฐลาวัณย์ ศุภอุทุมพร: ผลของการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนที่มีต่อความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม (EFFECTS OF USING 5E LEARNING CYCLE MODEL ON SCIENTIFIC RATIONAL THINKING ABILITIES AND SCIENTIFIC CREATIVE THINKING ABILITIES OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS IN CHULALONGKORN UNIVERSITY DEMONSTRATION SECONDARY SCHOOL)

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1.เปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน 2.เปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน และนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป 3.เปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ระหว่างกลุ่มที่มีระดับความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ 4.เปรียบเทียบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน 5.เปรียบเทียบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน และนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป 6.เปรียบเทียบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ระหว่างกลุ่มที่มีระดับความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 70 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ 2) แบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยค่าเฉลี่ย ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบค่าที (t-test) และวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว (One-way ANOVA)

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. นักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

4. นักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5. นักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

6. นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

PITULAWAN SUPA-UTUMPORN: EFFECTS OF USING 5E LEARNING CYCLE MODEL ON SCIENTIFIC RATIONAL THINKING ABILITIES AND SCIENTIFIC CREATIVE THINKING ABILITIES OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS IN CHULALONGKORN UNIVERSITY DEMONSTRATION SECONDARY SCHOOL

The purposes of this research were to 1.compare scientific rational thinking abilities of students between before and after learning through the 5E learning cycle model, 2.compare scientific rational thinking abilities of students between the groups that learning through the 5E learning cycle model and the groups that learning through the conventional teaching method, 3.compare scientific rational thinking abilities of students that learning through the 5E learning cycle model with different levels of learning achievement, 4.compare scientific creative thinking abilities of students between before and after learning through the 5E learning cycle model, 5.compare scientific creative thinking abilities of students between the groups that learning through the 5E learning cycle model and the groups that learning through the conventional teaching method, and 6.compare scientific creative thinking abilities of students that learning through the 5E learning cycle model with different levels of learning achievement. The subjects were 70 seventh grade students of Chulalongkorn University Demonstration Secondary School during the second semester of academic year 2014. They were assigned to be an experimental group and a control group. The research instruments were 1) scientific rational thinking abilities test and 2) scientific creative thinking abilities test. The collected data were analyzed by arithmetic means, standard deviation, t-test and One-Way Analysis of Variance.

The research findings were summarized as follows:

1. After the experiment, the students learned through the 5E t-test model had scientific rational thinking abilities mean score higher than before the experiment at .05 level of significance.

2. The students learned through the 5E t-test model had scientific rational thinking abilities mean score higher than those conventional teaching method at .05 level of significance.

3. The students with difference achievement levels had a post-test mean score statistically significance difference at .05 level of scientific rational thinking abilities.

4. After the experiment, the students learned through the 5E t-test model had scientific creative thinking abilities mean score higher than before the experiment at .05 level of significance.

5. The students learned through the 5E t-test model had scientific creative thinking abilities mean score higher than those conventional teaching method at .05 level of significance.

6. The students with difference achievement levels had a post-test mean score statistically significance difference at .05 level of scientific creative thinking abilities.

กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยฉบับนี้ได้รับทุนสนับสนุนโครงการวิจัยเงินทุนเพื่อการวิจัย กองทุนคณะครุศาสตร์ ปีงบประมาณ 2552 ซึ่งงานวิจัยนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องจากความกรุณาและความช่วยเหลือจากคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่ให้การสนับสนุนบุคลากรในการพัฒนาผลงานวิชาการ ขอบคุณคณาจารย์กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และคณะผู้บริหาร โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม ที่ให้การสนับสนุนและอำนวยความสะดวกในการทำวิจัย

ขอขอบพระคุณศาสตราจารย์กิตติคุณ ดร.นงลักษณ์ วิรัชชัย ที่ให้คำปรึกษาในการทำวิจัยครั้งนี้ ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 7 ท่าน อันได้แก่ รองศาสตราจารย์ ดร. ธีระชัย ปูรณโชติ รองศาสตราจารย์ ศิลปชัย บูรณพานิช รองศาสตราจารย์ วีระชาติ สวนไพรินทร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชูชัย รัตนภิญโญพงษ์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ชัยศักดิ์ ชั่งใจ อาจารย์ธาริณี วิทยาอนิวรรตน์ และอาจารย์น้ำผึ้ง ศุภอุทุมพร ที่ได้สละเวลาในการตรวจสอบและให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาคุณภาพแผนการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยนี้ ขอขอบคุณอาจารย์ ดร. นาถวดี นันทาภินัย และอาจารย์ภัทรภร เจนสุทธิเวชกุล ที่ได้ช่วยเหลือประสานงานและให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์อย่างยิ่ง

เหนือสิ่งอื่นใดขอขอบพระคุณบิดา มารดาและญาติพี่น้องที่ให้ความรัก ความห่วงใย ให้การสนับสนุนในทุกๆ ด้าน จนงานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี

พิธุลาวัณย์ ศุภอุทุมพร
ผู้วิจัย

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ข
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ค
กิตติกรรมประกาศ ..... ง
สารบัญ ..... จ
สารบัญตาราง ..... ช

บทที่

1 **บทนำ** 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
วัตถุประสงค์การวิจัย 4
สมมติฐานการวิจัย 5
ขอบเขตการวิจัย 6
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 7
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย 8
2 **เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง** 9
รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน 10
แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานของรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน 10
ลักษณะสำคัญของรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน 13
ขั้นตอนของรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน 15
บทบาทของผู้สอนและผู้เรียนในการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบ
วงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน 17
ความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ 20
ความหมายของการคิดอย่างมีเหตุผลและการคิดอย่างมีเหตุผล
ทางวิทยาศาสตร์ 20
ประเภทของการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ 22
แนวทางการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ .. 24

บทที่ **หน้า**

2 **เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง (ต่อ)**
ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 28
ความหมายของการคิดสร้างสรรค์และการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 28
องค์ประกอบของการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 31
แนวทางการวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 33
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 39
งานวิจัยต่างประเทศ 39
งานวิจัยในประเทศ 40
กรอบแนวคิดในการวิจัย 42
3 **วิธีดำเนินการวิจัย** 43
การศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 43
การกำหนดรูปแบบการวิจัย 44
การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง 44
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 45
การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล 53
การวิเคราะห์ข้อมูล 53
4 **ผลการวิเคราะห์ข้อมูล** 55
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ตอนที่ 1 56
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ตอนที่ 2 56
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล ตอนที่ 3 59
5 **สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ** 62
สรุปผลการวิจัย 63
อภิปรายผลการวิจัย 64
ข้อเสนอแนะ 71
รายการอ้างอิง 72
ภาคผนวก 80
ประวัติผู้วิจัย 138

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

1 บทบาทของผู้สอนและบทบาทของผู้เรียนในการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน 17

2 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าสถิติทดสอบค่าที (t-test) ของผลการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ภาคเรียนที่ 1 ก่อนการทดลองของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม 45

3 หัวเรื่องและจำนวนคาบเรียนหน่วยการเรียนรู้เรื่อง หน่วยของสิ่งมีชีวิตการดำรงชีวิตของพืชและอาหารกับการดำรงชีวิต 46

4 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนและการเรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป 47

5 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง 56

6 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าสถิติทดสอบค่าที (t-test) ของของคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 56

7 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าที (t-test) ของคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 57

8 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าสถิติทดสอบค่าที (t-test) ของของคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 57

9 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ 58

10 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ (Post Hoc) ของค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ 58

ตารางที่ **หน้า**

11 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าสถิติทดสอบค่าที (t-test) ของคะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 59

12 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าที (t-test) ของคะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อน และหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 59

13 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าสถิติทดสอบค่าที (t-test) ของคะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียน ระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม 60

14 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนน ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียน กลุ่มทดลองที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ 60

15 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ (Post Hoc) ของค่าเฉลี่ยของคะแนน ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียน กลุ่มทดลองที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ 61

16 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และการแปลความหมายระหว่างข้อคำถาม กับจุดประสงค์ที่ต้องการวัดของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล ทางวิทยาศาสตร์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของพืชและอาหาร กับการดำรงชีวิต 133

17 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบวัด การคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ 135

18 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และการแปลความหมายระหว่างข้อคำถาม กับจุดประสงค์ที่ต้องการวัดของแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ ทางวิทยาศาสตร์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของพืชและอาหาร กับการดำรงชีวิต 137

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เป้าหมายของการพัฒนาผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และหลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม มุ่งเน้นการพัฒนาผู้เรียนไปในทิศทางเดียวกัน กล่าวคือ เน้นการพัฒนาอย่างรอบด้าน โดยเฉพาะอย่างยิ่งความสามารถในการคิด ดังที่หลักสูตรได้ระบุว่าเป็นสมรรถนะสำคัญประการหนึ่งของผู้เรียน ทั้งความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดอย่างสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณ และคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศในการตัดสินใจและแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรม และข้อมูลสารสนเทศ อีกทั้งการคิดอย่างมีเหตุผลและสร้างสรรค์ยังเป็นคุณลักษณะอันพึงประสงค์ด้านหนึ่งที่ผู้เรียนต้องได้รับการพัฒนาเพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข (โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม, 2553) สอดคล้องกับเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในประเทศไทยที่มุ่งเน้นให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ศึกษาค้นคว้าและแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ มีการคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล คิดวิเคราะห์ คิดสร้างสรรค์และจิตวิทยาศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551) แม้ว่าวงการการศึกษาไทยได้ให้ความสำคัญกับการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิดมาอย่างต่อเนื่องเป็นเวลานาน แต่อย่างไรก็ตาม เมื่อพิจารณาผลการประเมินของโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (Programme for International Student Assessment: PISA) ที่ดำเนินการโดยองค์การเพื่อความร่วมมือและพัฒนาทางเศรษฐกิจ (Organization for Economic Co-operation and Development: OECD) เพื่อหาตัวชี้วัดคุณภาพทางการศึกษาสำหรับประเทศสมาชิกและประเทศเข้าร่วมโครงการ ทั้งหมดประมาณร้อยละ 90 ของเขตเศรษฐกิจโลก ซึ่งได้มีการประเมินเกี่ยวกับการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ และให้คำอธิบายว่าการรู้เรื่องวิทยาศาสตร์ (Scientific Literacy) เป็นการระบุ อธิบาย และประยุกต์ใช้ความรู้วิทยาศาสตร์และความรู้ที่เกี่ยวข้องในสถานการณ์ที่หลากหลาย สามารถเชื่อมโยงระหว่างแหล่งสาระกับการอธิบายและใช้ประจักษ์พยานทางวิทยาศาสตร์จากแหล่งต่างๆ เพื่อเป็นเหตุผลในการตัดสินใจ แสดงออกถึงความคิดและความมีความเป็นเหตุเป็นผลเชิงวิทยาศาสตร์ ใช้ความเข้าใจทางวิทยาศาสตร์เพื่อสนับสนุนการแก้ปัญหาในสถานการณ์ทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ไม่คุ้นเคย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2554) ผลการประเมินในปี พ.ศ. 2549, 2552 และ 2555 พบว่านักเรียน

ไทยมีผลการประเมินวิชาวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ย OECD นอกจากนี้การประเมินตามโครงการการศึกษาแนวโน้มการจัดการศึกษาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระดับนานาชาติ (Trends in International Mathematics and Science Study : TIMSS) ของสมาคมนานาชาติเพื่อการประเมินผลการศึกษา (International Association for Educational Assessment: IEA) ซึ่งประเมินในเชิงสาระเนื้อหา (Content Domain) และเชิงการคิดหรือการใช้สติปัญญา (Cognitive Domain) ในส่วนการคิดหรือการใช้สติปัญญาประกอบด้วย การรู้ การประยุกต์ใช้ความรู้ การใช้เหตุผลหรือการวิเคราะห์ ผลการประเมินพบว่า คะแนนเฉลี่ยวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในปี พ.ศ.2550 ได้ 471 คะแนน และในปี พ.ศ.2554 ได้ 451 คะแนน จัดอยู่ในกลุ่มค่าเฉลี่ยคะแนนต่ำกว่านักเรียนนานาชาติและอยู่ในกลุ่มต่ำ ในส่วนของการประเมินด้านความคิดสร้างสรรค์พบว่า จากการทดสอบความถนัดเฉพาะด้านและวิชาการ (Professional Aptitude Test : PAT) ของสำนักทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (สกศ.) ครั้งที่ 2/2552 ผลการทดสอบวัดความคิดสร้างสรรค์ (PAT 6) ของนักเรียนไทยอยู่ในระดับต่ำ โดยช่วงคะแนนระหว่าง 120.01-300 จากคะแนนเต็ม 300 คะแนนนั้น มีค่าร้อยละอยู่ที่ 0.0 แสดงให้เห็นว่า เด็กไทยในปัจจุบันมีระดับความคิดสร้างสรรค์ที่ต่ำ (สำนักทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2552)

ข้อมูลสภาพปัญหาข้างต้นชี้นัยว่า คุณภาพการศึกษาของไทยยังห่างไกลความเป็นเลิศ กระบวนการเรียนการสอนในห้องเรียนไม่สร้างการเรียนรู้ให้เกิดกระบวนการคิด (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2557) การพัฒนาความสามารถด้านการคิดหรือการสอนทักษะการคิดให้เกิดขึ้นกับผู้เรียนจึงเป็นมโนมติที่นักการศึกษาไทยต้องให้ความสนใจมากเป็นพิเศษ การจัดการเรียนรู้ต้องมุ่งเน้นทั้งการพัฒนาสติปัญญาและความคิดของผู้เรียน การเลือกกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมหรือจัดประสบการณ์ต่างๆ ที่เอื้อให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการสืบสอบหาความรู้และการแก้ปัญหาที่หลากหลายจะสามารถพัฒนาสติปัญญาและความคิดของผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังทฤษฎีการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ (Constructivism) ที่ผู้เรียนต้องสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการสืบค้น เสาะหา สำรวจตรวจสอบและค้นคว้าด้วยวิธีการต่างๆ จนทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย จึงจะสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของผู้เรียนเอง และความรู้ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นจะเก็บเป็นข้อมูลในสมองได้อย่างยาวนาน เป็นที่ทราบกันว่ากระบวนการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบได้รับการยอมรับโดยทั่วไปในประเทศที่มีความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังที่เชียพเพตตา (Chiappetta, 1997: 22) กล่าวไว้ว่า ในมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดให้ การเรียนการสอนแบบสืบสอบเป็นหัวใจของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ดังนั้น

นักการศึกษาวิทยาศาสตร์จึงได้ศึกษาและพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบหลายรูปแบบ และในปี ค.ศ.1961 คาร์พลัสและคณะ (Karplus and et al.) ได้นำรูปแบบวงจรการเรียนรู้ (Learning Cycle) มาพัฒนาเป็นวิธีการเรียนการสอนแบบสืบสอบ ซึ่งต่อมามีนักการศึกษาวิทยาศาสตร์อีกหลายท่านได้ทำการศึกษาเพิ่มเติม ดังเช่น เรนเนอ อับราฮัม และเบอร์นี (Renner, Abrahum and Birnie, 1988) มาเร็คและเมทเว็น (Marek and Methven, 1991) ลอว์สัน (Lawson, 1995) มูชีโนและลอว์สัน (Musheno and Lawson, 1999) เป็นต้น และพบว่าการใช้วงจรการเรียนรู้เป็นรูปแบบการเรียนการสอนที่เป็นที่รู้จักและใช้กันแพร่หลายในประเทศสหรัฐอเมริกา

วงจรการเรียนรู้เป็นวิธีการเรียนการสอนที่ให้ผู้เรียนได้ใช้การคิดและหรือกระบวนการในการศึกษาค้นคว้าและเรียนรู้อย่างเป็นลำดับขั้นตอนต่อเนื่องกันจนครบวงจร ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางในการสร้างความรู้และวิธีการคิดของนักวิทยาศาสตร์ ลอว์สัน (Lawson, 1991: 107) กล่าวถึงการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้ไว้ว่า “การใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีเป้าหมายให้นักเรียนได้ใช้วิธีการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานและวิธีคิดของนักวิทยาศาสตร์” ในปี ค.ศ.1995 ลอว์สัน (Lawson, 1995: 135-137) กล่าวเพิ่มเติมว่า “การใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีความสอดคล้องกับแนวทางที่นักเรียนใช้ในการสร้างความรู้ นักเรียนมีโอกาสแสดงความคิดเห็น โต้แย้งและทำการทดสอบความคิดเห็นของตนเอง ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างมโนทัศน์และการพัฒนาแบบแผนการให้เหตุผลด้วยตนเอง” คาริน (Carin, 1993: 64) กล่าวว่า “การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามวิธีวงจรการเรียนรู้จะช่วยให้นักเรียนเข้าใจวิทยาศาสตร์และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ความเข้าใจนั้นๆ ได้มากขึ้น” นักการศึกษาหลายท่านได้ศึกษาวิจัยผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน พบว่า การใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนสามารถพัฒนาความคิดระดับสูงในระดับดี (สมบัติ การจนารักพงศ์, 2549: 506) ขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้ช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกคิด ฝึกให้เหตุผล และลงมือปฏิบัติการทดลองเพื่อสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง (Karplus, 1977: 173-174; Renner et al.,1988: 39) ส่งเสริมให้นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ นักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ได้คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบบอกให้รู้ (Marek and Methven, 1991: 41) สอดคล้องกับผลการศึกษาของจอห์นสันและลอว์สัน (Johnson and Lawson, 1998: 89) ที่พบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ได้คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบบรรยาย ลอว์สัน (Lawson, 2001: 165) พบว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ที่

มีประสิทธิภาพจะช่วยให้นักเรียนสร้างมโนทัศน์อย่างเป็นระบบและช่วยพัฒนารูปแบบการให้เหตุผลของนักเรียน จันทร์พร พรหมมาศ (2541: 129) ศึกษาพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ได้คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ สอดคล้องกับงานวิจัยของเกรียงไกร อภัยวงศ์ (2548: 81) ที่พบว่าการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบตั้งสมมติฐานนิรนัยทำให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าร้อยละ 60 และสูงกว่าก่อนเรียน สมบัติ การจนารักพงศ์ (2549: 506) ศึกษาพบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนมีผลต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ คิดสร้างสรรค์และคิดแก้ปัญหาของนักเรียน

จากแนวคิด ทฤษฎี งานวิจัย และประโยชน์ของการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนในวิชาวิทยาศาสตร์ที่จะช่วยพัฒนาความสามารถในการคิดระดับสูงของนักเรียนได้เป็นอย่างดี ผู้วิจัยจึงสนใจจะศึกษาผลของการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ที่มีต่อความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม เพื่อประโยชน์ในการพัฒนาทักษะการคิดของผู้เรียนและการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน
2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน และนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป
3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ระหว่างกลุ่มที่มีระดับความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ
4. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน
5. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน และนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป

6. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ระหว่างกลุ่มที่มีระดับความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ

สมมุติฐานการวิจัย

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน มีแนวคิดพื้นฐานมาจากทฤษฎีคอนสตรัคติวิสต์ ที่เน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านการเรียนรู้ที่หลากหลาย โดยเฉพาะกระบวนการสืบสอบ รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน เป็นวงจรการเรียนรู้แบบหนึ่งที่ได้มีการพัฒนาขึ้นและมีการปรับปรุงเรื่อยมาตามลำดับ ประกอบด้วยขั้นตอนต่างๆ คือ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมิน ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางที่นักเรียนใช้ในการสร้างความรู้ เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น โต้แย้ง และทำการทดสอบความคิดเห็นของตนเอง ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างมโนทัศน์และการพัฒนาแบบแผนการให้เหตุผลด้วยตนเอง ทำให้เกิดความรู้ความเข้าใจวิทยาศาสตร์และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ความเข้าใจนั้นๆ ได้มากขึ้น

จากการศึกษางานวิจัยต่างประเทศ มาเร็คและเม็ทเว็น (Marek and Methven, 1991: 41) พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ได้คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์รูปแบบการอนุรักษ์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบบอกให้รู้ สอดคล้องกับผลการศึกษาของจอห์นสันและลอว์สัน (Johnson and Lawson, 1998: 89) ที่พบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ได้คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบบรรยาย นอกจากนี้ลอว์สัน (Lawson, 2001: 165) ยังได้ศึกษาเพิ่มเติม พบว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพจะช่วยให้นักเรียนสร้างมโนทัศน์อย่างเป็นระบบและช่วยพัฒนารูปแบบการให้เหตุผลของนักเรียน สำหรับงานวิจัยในประเทศ จันทร์พร พรหมมาศ (2541: 129) พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ได้คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป สอดคล้องกับงานวิจัยของเกรียงไกร อภัยวงศ์ (2548: 81) ที่พบว่าการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบตั้งสมมติฐานนิรนัยทำให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าร้อยละ 60 และสูงกว่าก่อนเรียน นอกจากนี้สมบัติ การจนารักพงศ์ (2547: 506) ได้ศึกษาพบว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ตามรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน มีผลต่อความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ คิดสร้างสรรค์และคิดแก้ปัญหาของนักเรียน

จากแนวคิดทฤษฎีและผลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังข้างต้น ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานการวิจัยดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

2. นักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป

3. นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ มีคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน แตกต่างกัน

4. นักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้คะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

5. นักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้คะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป

6. นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ มีคะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน แตกต่างกัน

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม

2. ตัวแปรที่ศึกษา มีดังนี้

2.1 ตัวแปรจัดกระทำ คือ

2.1.1 รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน

2.1.2 วิธีการสอนแบบทั่วไป

2.2 ตัวแปรตาม คือ

2.2.1 ความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์

2.2.2 ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ หน่วยของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของพืชและอาหารกับการดำรงชีวิต

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. **รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน** หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนารูปแบบขึ้นโดย Roger Bybee ประกอบด้วยขั้นตอน 5 ขั้นตอน ดังนี้

1.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นและสนใจที่จะเรียนรู้ในหัวข้อใหม่หรือเรื่องใหม่ที่ผู้สอนนำเสนอ กระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งคำถามหรือกำหนดประเด็นปัญหาที่จะศึกษา และยังเป็นการตรวจสอบความรู้ ประสบการณ์ต่างๆ ของผู้เรียน ทำให้ผู้สอนได้เรียนรู้มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน

1.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะมีโอกาสได้รับประสบการณ์ตรงจากการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ต่างๆ ขั้นตอนนี้สืบเนื่องจากคำถามที่ผู้เรียนกำหนดขึ้นในขั้นแรก จากนั้นนำมาสู่การวางแผนและการออกแบบในการศึกษา แล้วดำเนินการทดลอง สำรวจหรือศึกษาค้นคว้า เพื่อตรวจสอบสมมติฐาน การคาดคะเนของตนเอง ซึ่งนำไปสู่การสร้างความคิดรวบยอดหรือการทำความเข้าใจปรากฏการณ์ที่ศึกษา ผู้สอนจะมีบทบาทในการชี้แนะประเด็นในการสังเกต

1.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นที่ผู้สอนจะกระตุ้นให้ผู้เรียนทำความเข้าใจปรากฏการณ์ที่ศึกษา อธิบายความเป็นไปได้ของคำตอบหรือความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ หรือวิธีการแก้ปัญหา โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและบันทึกไว้ เพื่อนำมาสู่ข้อสรุปของมโนทัศน์ในเรื่องนั้นๆ

1.4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นขยายมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้เชื่อมโยงกับมโนทัศน์อื่นที่ได้เรียนรู้ก่อนหน้านี้ รวมทั้งการเชื่อมโยงกับสิ่งรอบตัวของผู้เรียน เปรียบเสมือนการนำความรู้ไปใช้ เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในเรื่องที่เรียนมากขึ้น

1.5 ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นตอนในการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยผู้สอนและผู้เรียนมีส่วนร่วมในการประเมิน และแทรกอยู่ในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอน

2. **วิธีการสอนแบบทั่วไป** หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่เน้นการสอนแบบสืบสอบ ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ดังนี้

2.1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในการเรียน หรือกำหนดประเด็นปัญหาที่จะศึกษา

2.2 ขั้นกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ค้นหาความรู้ด้วยตนเอง ให้ผู้เรียนนำเสนอผลการศึกษาและร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้

2.3 ขั้นสรุป ผู้สอนนำอภิปรายโดยใช้คำถามเพื่อชักนำไปสู่ข้อสรุปและมโนทัศน์ที่สำคัญของเนื้อหาสาระ

3. **ความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์** หมายถึง ความสามารถในการคิดโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มีจุดมุ่งหมายเพื่อใช้ในการวิเคราะห์สถานการณ์หรือทำนายผล ซึ่งประกอบด้วยการให้เหตุผล 2 แบบ คือ การให้เหตุผลแบบนิรนัยและอุปนัย ความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ วัดได้จากแบบสอบความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ข้อสอบแต่ละข้อ มีเนื้อหาเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ทั่วไป โดยกำหนดสถานการณ์ปัญหา บทความ รูปภาพ หรือมีคำอธิบายประกอบ เพื่อเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหานั้น

4. **ความสามารถในความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์** หมายถึง ความสามารถในการคิดโดยใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการของความรู้สึกไวต่อปัญหาหรือสิ่งที่ขาดหายไปหรือสิ่งที่ไม่ประสานกัน แล้วเกิดความพยายามในการสร้างแนวคิดตั้งสมมติฐาน ทดสอบสมมติฐานและเผยแพร่ผลที่ได้ให้ผู้อื่นได้รับรู้และเข้าใจเพื่อเป็นแนวทางค้นพบสิ่งใหม่ต่อไป โดยประกอบด้วยลักษณะการคิด 3 ด้าน คือ การคิดคล่อง คิดยืดหยุ่น และคิดริเริ่ม ซึ่งวัดได้โดยใช้แบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มีลักษณะเป็นแบบเขียนตอบ

5. **ระดับความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง ต่ำ** หมายถึง ระดับการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งได้จากคะแนนสอบวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้เกณฑ์การจำแนกดังนี้

ระดับความสามารถสูง คือ นักเรียนที่มีคะแนนตั้งแต่ร้อยละ 80 ขึ้นไป

ระดับความสามารถปานกลาง คือ นักเรียนที่มีคะแนนระหว่างร้อยละ 60-79

ระดับความสามารถต่ำ คือ นักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 60

6. **นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น** หมายถึง นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์แนวทางหนึ่งที่มุ่งพัฒนาและส่งเสริมความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาผลของการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ที่มีต่อความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่างๆ ที่เกี่ยวข้อง โดยนำเสนอรายละเอียดเป็นหัวข้อตามลำดับดังต่อไปนี้

1. รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน
   - 1.1 แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานของรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน
   - 1.2 ลักษณะสำคัญของรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน
   - 1.3 ขั้นตอนของรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน
   - 1.4 บทบาทของผู้สอนและผู้เรียนในการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน
2. ความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์
   - 2.1 ความหมายของการคิดอย่างมีเหตุผลและการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์
   - 2.2 ประเภทของการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์
   - 2.3 แนวทางการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์
3. ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
   - 3.1 ความหมายของการคิดสร้างสรรค์และการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
   - 3.2 องค์ประกอบของการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
   - 3.3 แนวทางการวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
   - 4.1 งานวิจัยในประเทศ
   - 4.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน

การศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้ แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานของรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ลักษณะสำคัญของรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ขั้นตอนของรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน และบทบาทของผู้สอนและผู้เรียนในการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1.1 แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานของรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน

รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) ซึ่งกล่าวไว้ว่า เป็นกระบวนการที่ผู้เรียนจะต้องสืบค้น เสาะหา สำรวจตรวจสอบและค้นคว้าด้วยวิธีการต่างๆ จนทำให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้ความรู้นั้นอย่างมีความหมาย จึงจะสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของผู้เรียนเองและเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองได้อย่างยาวนาน สามารถนำมาใช้ได้เมื่อมีสถานการณ์ใดๆ มาเผชิญหน้า (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2550) โดยทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) นี้มีรากฐานสำคัญมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget's Theory of Cognitive Development) ที่อธิบายว่า มนุษย์ทุกคนมีลักษณะพื้นฐานที่ติดตัวมาแต่กำเนิด 2 ลักษณะ คือ การจัดระบบโครงสร้างทางความคิด (Organization) และการปรับโครงสร้างทางความคิด (Adaptation) โดยการจัดระบบโครงสร้างทางความคิด เป็นกระบวนการจัดรวบรวมความรู้และกระบวนการต่างๆ เข้าสู่โครงสร้างทางความคิดอย่างเป็นระบบระเบียบและต่อเนื่อง ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาตราบเท่าที่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม โดยโครงสร้างทางความคิด (Schema) เป็นส่วนประกอบพื้นฐานของความคิดที่จัดระบบและเก็บรวบรวมประสบการณ์และความรู้ในอดีตโดยอาจบรรจุทั้งความรู้และกระบวนการ (Wollfolk, 1995: 30; สุรางค์ โค้วตระกูล, 2541: 48) ส่วนการปรับโครงสร้างทางความคิด เป็นกระบวนการปรับโครงสร้างทางความคิดเพื่อให้สอดคล้องกับประสบการณ์และความรู้ใหม่ๆ ที่ได้รับเพื่อให้เกิดภาวะสมดุล มีกระบวนการพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง 2 กระบวนการ คือ 1. การซึมซับเข้าสู่โครงสร้าง (Assimilation) คือกระบวนการที่ผู้เรียนพยายามทำความเข้าใจต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งอาจจะเป็นสถานการณ์หรือวัตถุ โดยเชื่อมโยงเข้ากับความรู้หรือโครงสร้างทางความคิดที่มีอยู่ (Existing Schema) 2. การปรับโครงสร้าง (Accommodation) คือกระบวนการเปลี่ยนโครงสร้างทางความคิดที่มีอยู่เพื่อตอบสนองต่อสถานการณ์ใหม่ที่เกิดขึ้น กล่าวคือ ถ้าข้อมูลของสถานการณ์ใหม่ที่เกิดขึ้นไม่สามารถเชื่อมโยงเข้ากับโครงสร้างทางความคิดที่มีอยู่ได้ก็จะเกิดการปรับโครงสร้างทางความคิดให้สอดคล้องกับข้อมูลนั้นๆ (Wollfolk, 1995: 31; สุนีย์ คล้ายนิล, 2521: 14-15) อย่างไรก็ตามทั้งการซึมซับเข้าสู่โครงสร้างและ

การปรับโครงสร้างจะเกิดขึ้นพร้อมๆ กัน โดยเมื่อมีการปรับและรับข้อมูลเข้าสู่โครงสร้างทางความคิด สติปัญญาของเด็กจะค่อยๆ ปรับเปลี่ยนและมีพัฒนาการมากขึ้นตามลำดับ เพียเจต์เชื่อว่า คนทุกคนจะมีพัฒนาเชาว์ปัญญาเป็นลำดับขั้นจากการมีปฏิสัมพันธ์และประสบการณ์กับสิ่งแวดล้อมตามธรรมชาติและประสบการณ์ที่เกี่ยวกับการคิดเชิงตรรกะและคณิตศาสตร์ รวมทั้งการถ่ายทอดความรู้ทางสังคม วุฒิภาวะและกระบวนการพัฒนาความสมดุลของบุคคลนั้น (ทิศนา แขมมณี, 2545: 90-91)

หลักการสร้างความรู้ตามทฤษฎี Constructivism ของผู้เรียนเกิดจากการมีปฏิสัมพันธ์กับทุกสิ่งที่อยู่แวดล้อม โดยผู้เรียนจะสร้างแบบจำลองหรือสัญลักษณ์ของสิ่งที่พบเพื่อใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์หรือเหตุการณ์นั้นๆ ด้วยตัวเองอย่างมีความหมาย ผู้เรียนเป็นผู้รับผิดชอบการเรียนรู้ของตน ผู้สอนมีบทบาทให้การสนับสนุนและอำนวยความสะดวกเพื่อช่วยให้ผู้เรียนสร้างและประกอบแบบจำลองทางความคิดของตนให้สมบูรณ์ยิ่งขึ้น ดังนั้น การนำหลักการสร้างความรู้ตามทฤษฎี Constructivism ไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ ผู้สอนจะเริ่มต้นด้วยการเสนอปัญหาหรือคำถามที่เป็นจุดเน้นของบทเรียน จากนั้นให้ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์ภายในระหว่างกันในกลุ่มเพื่อแก้ปัญหาหรือตอบคำถามจนสำเร็จ โดยผู้สอนทำหน้าที่นำทาง ตั้งคำถามและให้ตัวอย่างเพื่อเสริมหรือตรวจสอบความเข้าใจของผู้เรียน (ประสาร มาลากุล ณ อยุธยา, 2541: 3)

อุดมลักษณ์ กุลพิจิตร (2542: 32) ได้เสนอแนะหลักการพัฒนาเด็กตามแนวทฤษฎี Constructivism ไว้ดังต่อไปนี้

1. เด็กมีความต้องการที่จะเรียนเรื่องราวต่างๆ ตามความสนใจของตนเอง ดังนั้นจึงต้องมีความยืดหยุ่นในการที่จะให้เด็กได้เรียนรู้และมีโอกาสวางแผนการเรียนรู้ของตนเอง

2. เด็กจะสร้างความรู้และความเข้าใจจากการกระทำ โดยผ่านโลกทางกายภาพและโลกทางสังคม สิ่งแวดล้อมจะมีอิทธิพลต่อการเรียนรู้ของเด็ก เมื่อเด็กมีปฏิสัมพันธ์ ตลอดจนการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับบุคคลอื่น

3. ความผิดพลาด (Error) นำไปสู่การสร้างความรู้ใหม่ เด็กจะเรียนรู้ความผิดพลาดโดยการนำมาทบทวนและค้นหาความถูกต้องด้วยตัวของตัวเอง ซึ่งเด็กต้องการเวลา ความผิดพลาดจึงเป็นกระบวนการที่ช่วยพัฒนาความคิด

4. การเรียนรู้ของเด็กจะเกี่ยวข้องสัมพันธ์กันในแต่ละด้าน โดยไม่ได้แยกแยะออกเป็นรายวิชาเหมือนผู้ใหญ่ ดังนั้นเด็กจะค้นหาและขยายความสนใจในการปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม การ

ซักถาม การสังเกต และการมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งอื่นๆ ตลอดเวลา ซึ่งเด็กจะสร้างความรู้ใหม่จากสิ่งที่ตนสนใจ

เกรแฮม (Graham, H., cited in McInerney, 1998: 6) กล่าวถึงหลักการนำแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้ไปใช้ในชั้นเรียน 7 ประการ ดังนี้

1. ความรู้เกิดขึ้นในใจของแต่ละคนในชั้นเรียน ความรู้เกิดขึ้นในใจของผู้เรียนและผู้สอนในกิจกรรมต่างๆ ที่ผู้สอนและผู้เรียนจัดทำขึ้นมา

2. ความเข้าใจหรือการแปลความหมายของแต่ละบุคคลที่มีต่อสิ่งต่างๆ ขึ้นอยู่กับความรู้ของบุคคลนั้น จากสื่อและประสบการณ์เดียวกันก็จะเกิดความเข้าใจต่างกันได้

3. ความรู้ถูกสร้างขึ้นจากภายในของบุคคลในการได้เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับโลกที่อาศัย ผู้สอนไม่ควรเปลี่ยนแปลงความคิดเห็นของผู้เรียน นอกจากการเปลี่ยนแปลงหรือการสร้างความรู้นั้นเกิดขึ้นจากภายในตัวของผู้เรียนเองและจากความสัมพันธ์ของผู้เรียนกับผู้สอน

4. ความรู้เป็นสิ่งไม่แน่นอน ไม่มีคำตอบที่ถูกหรือผิด ดังนั้นความรู้ทั้งหลายสามารถสร้างขึ้นมาใหม่

5. ความรู้ทั่วไปเกิดจากสมองและร่างกาย ซึ่งเป็นส่วนหนึ่งของจักรวาลเดียวกัน

6. ความรู้ถูกสร้างขึ้นโดยผ่านการรับรู้และการกระทำ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการเรียนรู้ที่เอื้อด้วยกิจกรรมที่ได้แก้ปัญหาและเกิดจากสถานการณ์ที่ขัดแย้ง

7. การสร้างความรู้ต้องการการกระตุ้นและเวลา บุคคลถูกกระตุ้นให้สร้างความรู้โดยการไม่ถูกบังคับ จัดบรรยากาศและสภาพแวดล้อมที่สนับสนุนและท้าทาย ส่งเสริมการอภิปราย อธิบาย และมีการประเมินความคิดของผู้เรียนภายใต้บริบทของสังคม

การออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างความรู้มีองค์ประกอบที่สำคัญดังนี้

1. สถานการณ์ปัญหา (Problem Base) การที่ผู้เรียนถูกกระตุ้นด้วยสถานการณ์ปัญหาที่ก่อให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญาหรือเรียกว่า เกิดการเสียสมดุลทางปัญญา ผู้เรียนต้องพยายามปรับโครงสร้างทางปัญญาให้เข้าสู่สภาวะสมดุล โดยการดูดซึม (Assimilation) หรือการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) จนกระทั่งผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ใหม่ขึ้นมาได้ โดยสถานการณ์ปัญหาอาจมีหลายลักษณะ เช่น สถานการณ์ปัญหาเดียวที่ครอบคลุมเนื้อหาทั้งหมดที่เรียน หรือ สถานการณ์ปัญหาที่มีหลายระดับ ได้แก่ ง่าย ปานกลาง ยาก หรือ สถานการณ์ปัญหาที่มีหลายสภาพบริบทที่ผู้เรียนต้องเผชิญในสภาพจริง หรือ สถานการณ์ปัญหาที่เป็นเรื่องราว เป็นต้น

2. แหล่งเรียนรู้ (Resource) เป็นแหล่งข้อมูล เนื้อหา สารสนเทศที่ผู้เรียนจะใช้ในการแก้สถานการณ์ปัญหา ลักษณะของแหล่งเรียนรู้ เช่น เอกสาร ตำรา สื่อสิ่งพิมพ์ ชุมชน ท้องถิ่น เครื่องมือหรืออุปกรณ์การทดลอง เป็นต้น

3. ฐานการช่วยเหลือ (Scaffolding) ผู้เรียนที่อยู่ในระดับไม่สามารถเรียนรู้ด้วยตนเองได้จะต้องได้รับการช่วยเหลือ ซึ่งฐานการช่วยเหลือจะสนับสนุนผู้เรียนในการแก้สถานการณ์ปัญหาในรูปแบบต่างๆ เช่น การให้คำแนะนำ รวมไปถึงการใช้กลยุทธ์ต่างๆ เพื่อช่วยเป็นแนวทางให้ผู้เรียนสามารถแก้สถานการณ์ปัญหาได้

4. การโค้ช (Coaching) ผู้สอนปรับเปลี่ยนบทบาทจากการถ่ายทอดความรู้หรือบอกความรู้มาเป็นการช่วยเหลือ ให้คำแนะนำในเชิงการให้ผู้เรียนรู้คิดและสร้างปัญญา บทบาทของผู้สอนมีเงื่อนไขที่สำคัญคือ เอาใจใส่สังเกตดูแลผู้เรียน สอบถามกระตุ้นความคิดของผู้เรียน จัดสถานการณ์ให้เกิดการแลกเปลี่ยนประสบการณ์ระหว่างผู้เรียนด้วยกันหรือผู้เรียนกับผู้สอนหรือแหล่งเรียนรู้อื่นๆ พยายามจัดสิ่งแวดล้อมทางการเรียนรู้ให้เกิดความขัดแย้งทางปัญญา เน้นการจัดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ยอมรับในสติปัญญาของผู้เรียน พยายามช่วยส่งเสริม ปรับปรุง ให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจและมีทักษะในการตัดสินใจเลือกเส้นทางหรือเลือกวิธีการปฏิบัติต่อไป

จากแนวคิดและทฤษฎีพื้นฐานของรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ที่พัฒนามาจากทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) ซึ่งมีรากฐานจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์นั้น สรุปได้ว่า การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวผู้เรียน ผู้สอนไม่สามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาของผู้เรียนได้ แต่ผู้สอนช่วยให้ผู้เรียนปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาได้โดยส่งเสริมให้ผู้เรียนใช้กระบวนการคิดและทักษะต่างๆ ผ่านการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบสอบหาความรู้ที่มีความเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิมของผู้เรียนและนำไปสู่การสร้างความรู้ใหม่

1.2 ลักษณะสำคัญของรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน

รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนมีพื้นฐานมาจากทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) ที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ใหม่บนพื้นฐานของความรู้หรือประสบการณ์เดิม สามารถใช้เป็นแนวทางจัดการเรียนรู้ให้กับผู้เรียนได้ทุกวัย นักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวไว้ถึงผลของการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ในการพัฒนาผู้เรียน ซึ่งสรุปเป็นลักษณะสำคัญของรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้ดังนี้

Sun and Trowbridge (Sun and Trowbridge, 1973: 62-63) ได้สรุปลักษณะของรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ไว้ว่า เป็นการเรียนที่ผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ผู้เรียนสร้างมโนทัศน์ด้วยตนเองและได้พัฒนาความสามารถด้านต่างๆ เช่น ความสามารถใช้ทักษะทางสังคม ความคิดสร้างสรรค์ ซึ่งต้องให้อิสระและให้ผู้เรียนมีโอกาสคิด เป็นการเรียนที่เน้นการทดลองเพื่อให้ผู้เรียนค้นพบด้วยตนเอง

ฉวีวรรณ กินาวงศ์ (2527: 502) กล่าวถึง รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนไว้ว่า เป็นวิธีการไต่ถามหรือตั้งคำถามเพื่อที่จะได้คำตอบตามความต้องการ โดยใช้เทคนิคกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะช่วยให้บุคคลได้ค้นพบความจริงต่างๆ ด้วยตนเอง

ภพ เลาหไพบูลย์ (2537: 119) กล่าวว่า รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนเป็นการสอนที่เน้นกระบวนการแสวงหาความรู้ที่จะช่วยให้นักเรียนได้ค้นพบความจริงต่างๆ ด้วยตนเอง ให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงในการเรียนรู้เนื้อหาวิชา โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่างๆ

กรมวิชาการ (2540: 19) กล่าวว่า รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน เป็นวิธีสอนที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการทางความคิดหาเหตุผลจนทำให้ค้นพบความรู้ หรือแนวทางแก้ปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเอง โดยผู้สอนตั้งคำถามประเภทกระตุ้น ให้ผู้เรียนใช้ความคิด หาวิธีการแก้ปัญหาได้เองและสามารถนำการแก้ปัญหานั้นมาใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวัน

เสริมศรี ลักษณศิริ (2540: 240) กล่าวถึงรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ว่าเป็นวิธีสอนอีกแบบหนึ่งที่ผู้เรียนเป็นผู้หาความรู้ด้วยตนเอง โดยผู้สอนจะกระตุ้นและส่งเสริมการเรียนรู้ด้วยการจัดสถานการณ์ที่ก่อให้เกิดปัญหา ทำให้ผู้เรียนเกิดความสงสัยและต้องการค้นหาคำตอบหรือโดยที่ผู้สอนเป็นผู้ตั้งคำถามเป็นสื่อให้ผู้เรียนเกิดความคิดและค้นหาคำตอบของปัญหาด้วยตนเอง

สุนีย์ เหมาะประสิทธิ์ (2543: 334) ระบุลักษณะของรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ไว้ดังนี้

1. ผู้เรียนเป็นผู้สร้างและค้นพบหรือแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง หมายถึง ผู้เรียนอาศัยประสาทสัมผัสทั้งห้า คือ การดู การฟัง อ่าน เขียน และปฏิบัติ

2. การเรียนรู้ใหม่จะเกิดขึ้นกับความเข้าใจในบทเรียนปัจจุบัน หมายถึง ผู้เรียนอาจมีความรู้ความเข้าใจและประสบการณ์เดิมที่ช่วยส่งเสริม สนับสนุนหรืออาจขัดขวาง เป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้ใหม่ ดังนั้นผู้สอนต้องจัดกิจกรรมที่ให้ผู้เรียนเกิดประสบการณ์และสร้างความเข้าใจในบทเรียน

3. การเรียนรู้จะเกิดได้สะดวกเมื่อมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม หมายถึง ผู้เรียนต้องร่วมมือกันคิดปฏิบัติและสื่อสารซึ่งกันและกัน ดังนั้นจึงจำเป็นต้องอาศัยกระบวนการกลุ่มหรือการเรียนแบบร่วมมือ

4. การเรียนรู้อย่างมีความหมาย หมายถึง จะต้องดำเนินการภายใต้การปฏิบัติในสภาพจริงหรือใกล้เคียงกับสภาพจริงมากที่สุด การจัดการเรียนการสอนภายใต้สภาพจริงหรือใกล้เคียงจะส่งผลทำให้ผู้เรียนค้นพบความรู้ที่เกิดจากความเข้าใจอย่างแท้จริงมากกว่าความรู้ที่เกิดจากความจำ นั่นคือต้องให้ผู้เรียนได้เรียนรู้กระบวนการ เป็นเรื่องที่ควรส่งเสริมและต้องฝึกฝนให้ผู้เรียนมีทักษะทางสติปัญญาหรือทักษะกระบวนการต่างๆ ที่จำเป็นต่อการดำรงชีวิต

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2545: 56) กล่าวถึงรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ว่าเป็นการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วิธีให้ผู้เรียนเป็นผู้ค้นหาความรู้ด้วยตนเองหรือสร้างความรู้ด้วยตนเองโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผู้สอนเป็นผู้อำนวยความสะดวกเพื่อให้นักเรียนบรรลุเป้าหมาย การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน จะเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ

สุวัฒน์ นิยมค้า (2551: 119) กล่าวถึงรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ว่าเป็นการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนเป็นผู้ค้นหาหรือสืบเสาะหาความรู้เกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่ไม่เคยรู้จักมาก่อนโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

จากลักษณะสำคัญของรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ที่นักการศึกษากล่าวถึงไว้ข้างต้น สรุปได้ว่า รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน เน้นให้ผู้เรียนได้ใช้กระบวนการสืบสอบหาความรู้ผ่านการเรียนรู้แบบร่วมมือกันเพื่อแก้สถานการณ์ปัญหาและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะต่างๆ การคิดวิเคราะห์ อภิปราย การประเมินสถานการณ์ สร้างข้อสรุป และเชื่อมโยงความรู้ที่ได้กับสถานการณ์ในชีวิตจริง

1.3 ขั้นตอนของรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน

รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน เป็นวิธีการเรียนการสอนแบบสืบสอบวิธีหนึ่ง พัฒนามาจากวงจรการเรียนรู้ (Learning Cycle) ซึ่งเป็นรูปแบบการสอนวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่รู้จักอย่างแพร่หลายและมีประสิทธิภาพ โดย Atkin and Karplus (1967) เป็นผู้ที่เสนอวงจรการเรียนรู้ขึ้นเป็นครั้งแรก ต่อมาในปี 1976 Karplus ได้นำรูปแบบนี้ไปใช้เป็นพื้นฐานการสอนเพื่อปรับปรุงหลักสูตร

วิทยาศาสตร์ (Science Curriculum Improvement Study: SCIS) ของประเทศสหรัฐอเมริกา (Bybee, 2006) ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนคือ

1. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ผู้เรียนศึกษา สำรวจ รวบรวมข้อมูลจากประสบการณ์ที่ได้รับ ไม่ว่าจะเป็น วัสดุอุปกรณ์ สารเคมี เครื่องมือ แนวความคิด หรือการทดลองต่างๆ

2. ขั้นสร้าง (Invention) ผู้เรียนเกิดการจัดจำแนกประเภท สร้างข้อสรุปและแนวคิดจากข้อมูลที่ได้รับในขั้นสำรวจและค้นหา

3. ขั้นค้นพบ (Discovery) ผู้เรียนค้นพบประโยชน์ที่ได้จากขั้นสร้างประยุกต์และเชื่อมโยงเข้ากับชีวิตประจำวัน

ต่อมา Bybee et al (2006) นักพัฒนาหลักสูตรจากหน่วยงานที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาและจัดทำหลักสูตรชีววิทยา (Biological Science Curriculum Study: BSCS) ของประเทศสหรัฐอเมริกา ได้เสนอรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ซึ่งมี 5 ขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นและสนใจที่จะเรียนรู้ในเรื่องใหม่ที่อาจเกิดขึ้นจากความสงสัยหรือความสนใจของผู้เรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายกลุ่มโดยมีผู้สอนเป็นคนกระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งคำถามกำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นที่น่าสนใจ ผู้สอนอาจให้ศึกษาจากสื่อต่างๆ หรือกระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นก่อน ขั้นสร้างความสนใจนี้ยังเป็นการตรวจสอบความรู้ ประสบการณ์ต่างๆ ของผู้เรียน ทำให้ผู้สอนได้เรียนรู้มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียนด้วย

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะมีโอกาสได้รับประสบการณ์ตรงจากการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ต่างๆ ขั้นตอนนี้สืบเนื่องจากคำถามที่ผู้เรียนกำหนดขึ้นในขั้นแรก ซึ่งเมื่อผู้เรียนทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้ จากนั้นนำมาสู่การวางแผนและการออกแบบในการศึกษา แล้วดำเนินการสำรวจตรวจสอบ ซึ่งทำได้หลายวิธี เช่น การทดลอง การทำกิจกรรมภาคสนาม การสร้างสถานการณ์จำลองด้วยคอมพิวเตอร์ (Simulation) ตลอดจนการศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงต่างๆ เพื่อตรวจสอบสมมติฐาน การคาดคะเนของตนเอง ซึ่งนำไปสู่การสร้างความคิดรวบยอดหรือการทำความเข้าใจปรากฏการณ์ที่ศึกษา ผู้สอนจะมีบทบาทในการชี้แนะประเด็นในการสังเกต

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นที่ผู้สอนจะกระตุ้นให้ผู้เรียนทำความเข้าใจปรากฏการณ์ที่ศึกษา อธิบายความเป็นไปได้ของคำตอบหรือความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ หรือวิธีการแก้ปัญหา โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและบันทึกไว้ เพื่อนำมาสู่ข้อสรุปของมโนทัศน์ในเรื่องนั้นๆ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ โต้แย้งกับ

สมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นขยายมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้เชื่อมโยงกับมโนทัศน์อื่นที่ได้เรียนรู้ก่อนหน้านี้ รวมทั้งการเชื่อมโยงกับสิ่งรอบตัวของผู้เรียน เปรียบเสมือนการนำความรู้ไปใช้เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในเรื่องที่เรียนมากขึ้น

5. ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นตอนในการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยผู้สอนและผู้เรียนมีส่วนร่วมในการประเมิน ซึ่งไม่จำเป็นจะต้องรอจนจบบทเรียน เพราะการประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียนจะแทรกอยู่ในทุกขั้นตอนของการเรียนรู้เมื่อช่วงเวลาและจังหวะเหมาะสม การประเมินระหว่างเรียนจะช่วยให้ผู้สอนทราบว่าผู้เรียนมีความรู้ ความเข้าใจ ความสามารถ ตลอดจนทักษะตามวัตถุประสงค์มากน้อยเพียงใด ซึ่งจะช่วยให้ผู้สอนปรับเปลี่ยนกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้สูงสุด ทั้งนี้ผู้สอนอาจออกแบบการประเมินได้หลากหลาย เช่น การสังเกต การสัมภาษณ์ การทำโครงงาน แผนผังมโนทัศน์ การเขียนบันทึกการเรียนรู้ เป็นต้น

1.4 บทบาทของผู้สอนและผู้เรียนในการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน

การนำรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนไปใช้ ผู้สอนควรจัดเตรียมกิจกรรมให้เหมาะสมกับความรู้ความสามารถของผู้เรียน จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ผู้สอนต้องมีความรู้เกี่ยวกับบทบาทของตนและบทบาทของผู้เรียนเพื่อช่วยให้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเป็นไปอย่างมีประสิทธิภาพ บทบาทของผู้สอนและผู้เรียนในการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน สรุปได้ดังตาราง 1

ตารางที่ 1 บทบาทของผู้สอนและบทบาทของผู้เรียนในการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	1. กระตุ้นความสนใจและความอยากรู้อยากเห็นของผู้เรียน 2. ตั้งคำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนคิด	1. ถามคำถาม เช่น เพราะเหตุใดสิ่งนี้จึงเกิดขึ้น ได้เรียนรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับสิ่งนี้ 2. แสดงความสนใจต่อหัวข้อที่จะศึกษา
2. ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration)	1. ส่งเสริมให้ผู้เรียนทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มในการศึกษาสำรวจ	1. คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของประเด็นการศึกษา

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน
	2. สังเกตและฟังการโต้ตอบกันของผู้เรียนขณะปฏิบัติการ 3. ซักถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ 4. ให้เวลาในการคิดข้อสงสัยตลอดจนปัญหาต่างๆ 5. ให้คำปรึกษาแนะนำแก่ผู้เรียน	2. สร้างและตรวจสอบสมมติฐาน 3. พยายามค้นหาทางเลือกในการแก้ปัญหาและอภิปรายทางเลือกเหล่านั้นกับสมาชิกในกลุ่ม 4. บันทึกการสังเกตและให้ข้อคิดเห็น 5. ลงข้อสรุป
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	1. ส่งเสริมให้ผู้เรียนอธิบายความคิดรวบยอดหรือแนวคิดหรือให้คำจำกัดความด้วยคำพูดของตนเอง 2. ให้ผู้เรียนอ้างอิงหลักฐาน แสดงเหตุผลและอธิบายให้กระจ่าง 3. ให้ผู้เรียนใช้ประสบการณ์เดิมของตนเป็นพื้นฐานในการอธิบายสิ่งที่ได้เรียนรู้	1. อธิบายวิธีการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่เป็นไปได้ 2. ฟังคำอธิบายของคนอื่นอย่างมีวิจารณญาณ 3. ถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่ผู้อื่นได้อธิบาย 4. ฟังและพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ผู้อื่นอธิบาย 5. อ้างอิงกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติมาแล้ว 6. ใช้ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต/บันทึกอธิบาย 7. ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากหลักฐานที่ปรากฏ
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)	1. ส่งเสริมให้ผู้เรียนนำสิ่งที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้และทักษะในสถานการณ์ใหม่	1. ประยุกต์ความรู้และทักษะในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม

ตารางที่ 1 (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทผู้สอน	บทบาทผู้เรียน
	2. ให้ผู้เรียนอ้างอิงข้อมูลที่มีอยู่ พร้อมทั้งแสดงหลักฐานและถามคำถามผู้เรียนเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้	2. ใช้ข้อมูลที่ได้เรียนรู้มาในการตอบคำถาม หาหนทางแก้ปัญหา 3. ตัดสินใจและออกแบบการทดลองในสถานการณ์ใหม่ 4. ตรวจสอบความเข้าใจกับผู้สอนและเพื่อน
5. ขั้นประเมินผล (Evaluation)	1. สังเกตผู้เรียนในการนำความคิดรวบยอดหรือทักษะที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ 2. ประเมินความรู้และทักษะของผู้เรียน 3. หาหลักฐานที่แสดงว่าผู้เรียนได้เปลี่ยนความคิดหรือพฤติกรรม 4. ให้ผู้เรียนประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้และกระบวนการกลุ่ม 5. ถามคำถามเพื่อประเมินการเรียนรู้ เช่น เพราะเหตุใดนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น นักเรียนเรียนรู้อะไรบ้างและอธิบายได้ว่าอย่างไร	1. ตอบคำถามโดยใช้การสังเกต หลักฐานและคำอธิบายที่ยอมรับมาแล้ว 2. แสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดหรือทักษะ 3. ประเมินความก้าวหน้าและความรู้ของตนเอง 4. ถามคำถามที่ส่งเสริมให้มีการสำรวจตรวจสอบต่อไป

ที่มา: Bybee et al., 1990; cited in Montgomery County Public School, 2001: online

2. ความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์

การศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้ ความหมายของการคิดอย่างมีเหตุผลและการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ประเภทของการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ แนวทางการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

2.1 ความหมายของการคิดอย่างมีเหตุผลและการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาความหมายของการคิดอย่างมีเหตุผลนั้น พบว่า นักการศึกษาได้กล่าวถึงการคิดลักษณะนี้โดยใช้คำที่แตกต่างกันไป อาทิเช่น การคิดเชิงเหตุผล การคิดอย่างเป็นเหตุเป็นผล การคิดอย่างมีเหตุผล การคิดเชิงอุปนัย-นิรนัย เป็นต้น ซึ่งการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยใช้คำว่า การคิดอย่างมีเหตุผล โดยมีความหมายดังนี้

Good (1945: 332) ได้กล่าวถึงความหมายของความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลไว้ว่า หมายถึง การกระทำหรือกระบวนการทางสมองในอันที่จะลงความเห็นเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริงและปรากฏการณ์ สามารถสรุปผลจากเหตุหรือข้อสมมติได้

Lawson (1985: 571) อธิบายถึงการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ว่า เป็นการคิดแบบนามธรรม ซึ่งเป็นกระบวนการที่บุคคลใช้ในการค้นหาและประเมินหลักฐานต่างๆ เพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐาน”

Friedler and other (1990: 173) กล่าวว่า การคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถที่บุคคลใช้เพื่อบ่งชี้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์สถานการณ์ กำหนดสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง สังเกตรวบรวม วิเคราะห์และตีความหมายข้อมูล นำผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้ และนำไปใช้เพื่อทำนายผลสถานการณ์อื่นต่อไป

NCTM (1989: 81) กล่าวถึง การคิดอย่างมีเหตุผลว่า เป็นการสร้างข้อคาดเดาและตรวจสอบข้อคาดเดาจากสถานการณ์ที่กำหนด จำเป็นต้องใช้การให้เหตุผลทั้งแบบอุปนัยและนิรนัย

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2542: 71) ได้อธิบายเกี่ยวกับความหมายของการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นวิธีการหนึ่งที่จะได้แนวคิดซึ่งเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเริ่มต้นศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ นักวิทยาศาสตร์ได้ใช้วิธีการคิดหาเหตุผลทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้แนวทางในการ

ค้นคว้าทดลองมาโดยตลอด การคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์เป็นวิธีคิดหาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ปรากฏอยู่กับสิ่งที่มนุษย์ต้องการจะรู้ หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่า เป็นการสรุปความรู้ใหม่จากสิ่งที่รู้อยู่โดยใช้เหตุใช้ผล ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ที่มีอยู่"

Pretage (2002: 26) ได้กล่าวถึงความหมายของการคิดอย่างมีเหตุผลไว้ว่า เป็นการที่ผู้เรียนสามารถค้นหาคำตอบและตัดสินความถูกต้องได้ รวมถึงการพัฒนาแนวคิดเป็นข้อสรุปทั่วไป การโต้แย้ง และการพิสูจน์

Leighton and Sternberg (2004: 11) กล่าวถึงการคิดอย่างมีเหตุผลว่า เป็นกระบวนการในการสร้างข้อสรุป ทุกสิ่งที่ทำและคิดจะเกี่ยวข้องกับการสร้างข้อสรุป นั่นคือ เมื่อเราเรียนรู้ วิเคราะห์ ตัดสิน สรุปอ้างอิง ประเมิน จะต้องมีการสร้างข้อสรุปจากข้อมูลและความเชื่อเสมอ

Sery and Nuccetelli (2008: 4) ได้กล่าวถึงความหมายของการคิดอย่างมีเหตุผลไว้ว่า เป็นกระบวนการทางปัญญาที่ศึกษาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลที่อาศัยความเชื่อหนึ่งหรือมากกว่าหนึ่งในการสนับสนุนอีกความเชื่อหนึ่ง

ทิศนา แขมมณี (2551: 14) ได้กล่าวถึงการคิดอย่างมีเหตุผลว่า เป็นการคิดที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อเข้าใจความคิดที่สามารถอธิบายได้ด้วยหลักเหตุผล โดยสามารถจำแนกข้อมูลที่เป็นข้อเท็จจริงและพิจารณาเรื่องที่คิดบนพื้นฐานของข้อเท็จจริงโดยใช้หลักเหตุผลแบบนิรนัยและอุปนัย ซึ่งประกอบด้วยทักษะย่อยๆ ดังนี้

1. สามารถแยกข้อเท็จจริงและความคิดเห็นออกจากกันได้
2. สามารถใช้เหตุผลแบบนิรนัยหรืออุปนัยพิจารณาข้อเท็จจริงได้
3. สามารถใช้เหตุผลทั้งแบบนิรนัยและอุปนัยพิจารณาข้อเท็จจริงได้

Bradford (2015) ได้กล่าวถึง การคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ไว้ว่า เป็นกระบวนการที่ทำให้ได้มาซึ่งข้อสรุป และต้องอาศัยทั้งการคิดแบบอุปนัยและนิรนัยประกอบกัน การให้เหตุผลเชิงอุปนัยใช้ในการพิสูจน์ทฤษฎีหรือสมมติฐาน ส่วนการให้เหตุผลเชิงนิรนัยใช้ในการเชื่อมโยงข้อความรู้ทั่วไปกับข้อความรู้ที่เฉพาะเจาะจง อย่างไรก็ตามการลงข้อสรุปจะมีความถูกต้องยิ่งขึ้นเมื่อใช้การคิดทั้งอุปนัยและนิรนัยประกอบกันอย่างสมเหตุสมผล

จากการศึกษาความหมายของการคิดอย่างมีเหตุผลและการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ที่นักการศึกษาท่านต่างๆ ได้ให้ไว้ ผู้วิจัยสรุปความหมายของความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ได้ว่า เป็นความสามารถในการหาความสัมพันธ์ของข้อมูลที่มีอยู่เพื่อสรุปเป็นความรู้ใหม่อย่างสมเหตุสมผล

2.2 ประเภทของการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาได้จำแนกประเภทของการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

Lawson (1995: 60-61) ได้จำแนกประเภทการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์เป็น 3 แบบ คือ การคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์แบบอุปนัยเชิงประจักษ์ (Empirical-Inductive Level) การคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์แบบกึ่งสมมติฐานนิรนัย (Transitional) และการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์แบบสมมติฐานนิรนัย (Hypothetical-Deductive Level)

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2542: 71-75) ได้จำแนกประเภทของการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์สรุปได้ว่า การคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์แบ่งได้เป็น 3 แบบ ตามลักษณะของความรู้ที่ปรากฏและลักษณะของความรู้ใหม่ที่มนุษย์ต้องการศึกษา ดังนี้

1. การคิดอย่างมีเหตุผลแบบอุปนัย (Inductive Reasoning) เป็นกระบวนการคิดเชื่อมโยงเพื่อหาข้อสรุปที่เป็นหลักการทั่วไปจากความจริงที่รวบรวมได้จากการสังเกตโดยตรง นั่นก็คือ การสรุปอ้างอิงจากเหตุการณ์เฉพาะหน่วยเพื่อให้ได้หลักการทั่วไป ซึ่งเป็นกระบวนการที่สลับกันกับการคิดอย่างมีเหตุผลแบบนิรนัย

2. การคิดอย่างมีเหตุผลแบบนิรนัย (Deductive Reasoning) เป็นกระบวนการคิดเชื่อมโยงจากความรู้ทั่วไปไปสู่เรื่องที่เฉพาะเจาะจงหรือความรู้เฉพาะหน่วย โดยใช้หลักการทางตรรก นั่นก็คือ การใช้แนวคิด หลักการ ทฤษฎีหรือกฎ อธิบายสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือหาข้อสรุป ซึ่งเป็นเรื่องเฉพาะหน่วย คำอธิบาย หรือข้อสรุปที่ได้รับคือความรู้ใหม่

3. คิดอย่างมีเหตุผลแบบอุปนัย-นิรนัย (Inductive-Deductive Method) หรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Method) เป็นกระบวนการคิดเพื่อหาข้อสรุปที่เริ่มจากการสังเกต แล้วสรุปความรู้จากการสังเกต นั่นก็คือ การคิดหรือให้เหตุผลเชิงอุปนัยแล้วตั้งสมมติฐานตามข้อสรุปที่อุปนัยได้ แล้วทำการทดสอบสมมติฐานโดยการรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อพิจารณาว่าข้อมูลที่ได้จะสนับสนุนสมมติฐานหรือไม่ นั่นก็คือถ้าสมมติฐานเป็นจริงเราจะพบอะไร เป็นการลงความเห็นโดยพิจารณาจากหลักการทั่วไปสู่เรื่องเฉพาะ ตัวสมมติฐานคือหลักการทั่วไปที่จะต้องทดสอบว่าจริง

หรือไม่ ข้อมูลที่รวบรวมไว้เพื่อทดสอบสมมติฐานคือ ข้อสรุปเฉพาะหน่วย นั่นก็คือ การคิดอย่างมีเหตุผลแบบนิรนัย

นักปรัชญาและนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์แบบอุปนัยและนิรนัยไว้ดังนี้

ชัชชัย คุ้มทวีพร (2539: 14-15) ได้กล่าวถึงการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์แบบอุปนัยว่า เป็นการอ้างเหตุผลที่ข้ออ้างจริงทุกข้อ แต่ข้ออ้างสนับสนุนข้อสรุปเพียงบางส่วน ดังนั้นข้อสรุปจึงยังมีโอกาสที่จะเป็นเท็จได้ หรืออาจกล่าวได้ว่า ถ้าข้ออ้างทุกข้อเป็นจริง ข้อสรุปจะมีโอกาสเป็นจริงสูง ส่วนการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์แบบนิรนัยเป็นการอ้างเหตุผลที่ข้อสรุปเป็นจริงเพราะการยอมรับข้ออ้างว่าเป็นจริง ซึ่งหมายความว่า ถ้าข้ออ้างทุกข้อเป็นจริงแล้ว ข้อสรุปก็จำเป็นต้องเป็นจริงด้วย หรืออาจกล่าวสั้นๆ ว่า การอ้างเหตุผลที่ข้อสรุปเป็นจริงตามเงื่อนไขของข้ออ้าง

Robertson (1999: 65) กล่าวว่า การคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์แบบอุปนัยเป็นการสรุปอ้างอิงจากข้อเท็จจริงที่ยกมาโดยเฉพาะ ส่วนการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์แบบนิรนัยเป็นการใช้ความรู้ที่มีอยู่ในการอนุมานข้อสรุปเฉพาะ

ทิศนา แขมมณีและคณะ (2544: 144) กล่าวว่า การคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์แบบอุปนัยคือ การคิดจากข้อเท็จจริงย่อยๆ ไปสู่หลักการทั่วไป ส่วนการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์แบบนิรนัยคือ การคิดจากหลักทั่วไปสู่ข้อเท็จจริงย่อยๆ

กีรติ บุญเจือ (2547: 21, 63) กล่าวว่า การคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์แบบอุปนัยคือ การพิสูจน์โดยอ้างประสบการณ์เฉพาะหน่วยสนับสนุนข้อความทั่วไปที่เรายังไม่แน่ใจ เช่น เราเคยเห็นต้นมะพร้าวจำนวนมากแล้วปรากฏว่าไม่แตกกิ่งก้านเหมือนต้นไม้อื่นๆ เราก็อุปนัยเป็นกฎทั่วไปว่า “ต้นมะพร้าวทุกต้นไม่แตกกิ่งก้าน” ส่วนการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์แบบนิรนัยคือ การแสดงออกของการอ้างเหตุผลอย่างตรงๆ โดยต้องมี 3 ประโยคตรรกวิทยาเป็นองค์ประกอบ จะมีมากหรือน้อยกว่านี้ไม่ได้ เพราะการอ้างเหตุผลครั้งหนึ่งๆ จะต้องมีการตัดสินอยู่ก่อน 2 ครั้ง ซึ่งในการตัดสินทั้ง 2 ครั้งนี้ จะต้องมีมโนทัศน์เดียวกันอยู่ส่วนหนึ่ง หมายความว่าในการตัดสินเดิม 2 ครั้งนั้น มีมโนทัศน์อยู่ 3 หน่วย ไม่มากหรือน้อยกว่านั้น เมื่อตัดสินครั้งที่ 3 ก็นำมโนทัศน์อีก 2 หน่วยที่เหลือมา

ตัดสิน ไม่ได้มีมโนทัศน์ใหม่เพิ่มขึ้น โดย 2 ประโยคแรกที่มาจากการตัดสิน 2 ครั้งเดิม เรียกว่า ประโยคอ้าง (Premises) ส่วนประโยคที่สามที่มาจากการตัดสินสุดท้ายเรียกว่า ประโยคสรุป (Conclusion)

Santrock (2006: 287-288) กล่าวว่า การคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์แบบอุปนัยเป็นการใช้เหตุผลจากความรู้เฉพาะหน่วยสู่ความรู้ทั่วไป กล่าวคือ เป็นการลงข้อสรุปเกี่ยวกับองค์ประกอบของหมวดหมู่ทั้งหมดบนฐานของการสังเกตเพียงองค์ประกอบบางองค์ประกอบ ส่วนการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์แบบนิรนัย เป็นการใช้เหตุผลจากความรู้ทั่วไปสู่ความรู้เฉพาะหน่วยหรือความรู้ที่เฉพาะเจาะจง กล่าวคือ เป็นการใช้กฎ ทฤษฎีหรือหลักการในการอธิบายสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือหาข้อสรุปที่เป็นความรู้เฉพาะหน่วย

จากการศึกษาประเภทของการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์จากนักปรัชญาและนักการศึกษาหลายท่าน ผู้วิจัยสรุปได้ว่า การคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์จำแนกเป็น การคิดแบบอุปนัย ซึ่งเป็นการคิดหาความสัมพันธ์ของข้อมูลเพื่อหาข้อสรุปที่เป็นหลักการทั่วไปจากความจริงเฉพาะหน่วย และการคิดแบบนิรนัย ซึ่งเป็นการคิดหาความสัมพันธ์ของข้อมูลเพื่อหาข้อสรุปจากหลักการทั่วไปสู่เรื่องที่เฉพาะเจาะจง ทั้งนี้ต้องใช้การคิดทั้งอุปนัยและนิรนัยประกอบกันเพื่อสร้างข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผล

2.3 แนวทางการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์

2.3.1 การวัดความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลแบบอุปนัย

เป็นการคิดที่ให้เหตุผลจากประโยคอ้างที่เป็นจริงเฉพาะกรณีไปยังข้อสรุปซึ่งเป็นความจริงสากล ในการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลแบบอุปนัยจะอาศัยหลักการสรุปรวบยอดและหลักการคิดอย่างมีเหตุผลแบบอุปนัยของ Mill (1872) มีรายละเอียดดังนี้

ความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลแบบอุปนัยของ Mill เป็นความสามารถในการใช้เหตุการณ์หรือข้อมูลที่กำหนดให้ ซึ่งประกอบด้วยเหตุใหญ่ละเหตุย่อย แล้วสรุปผลตามเหตุการณ์หรือข้อมูลนั้น ซึ่งจะต้องพิจารณาให้รอบคอบและสรุปอย่างสมเหตุสมผล

Mill ได้รวบรวมวิธีการสรุปผลแบบอุปนัยไว้สำหรับตรวจสอบความสัมพันธ์ของกรณี วิธีดังกล่าวเรียกว่า วิธีอุปนัยของมิลล์ ประกอบด้วย 4 วิธี ได้แก่

1. วิธีหาความสอดคล้อง (Method of Agreement) เป็นวิธีหาข้อสรุปสาเหตุของผลที่เกิดขึ้นซ้ำๆ โดยหาความสอดคล้องของประสบการณ์หลายๆ ครั้ง กล่าวคือ ในประสบการณ์หลายครั้งถ้ามีสาเหตุเดียวกันทุกครั้งและเกิดผลอย่างเดียวกันทุกครั้ง ก็สรุปได้ว่าเป็นสาเหตุของผลนั้น

เสมอ เช่น ทุกครั้งที่วางขนมปังไว้บริเวณที่มีความชื้นจะเกิดเชื้อราขึ้นบนแผ่นขนมปัง จึงสรุปได้ว่าความชื้นจะช่วยให้เชื้อราเจริญเติบโตได้ดี

2. วิธีหาความแตกต่าง (Method of Diffrence) เป็นวิธีการสรุปสาเหตุของผลที่เกิดขึ้นแตกต่างออกไปจากเดิม โดยการหาความแตกต่างของประสบการณ์หลายๆ ครั้ง กล่าวคือ ในประสบการณ์หลายครั้งที่มีสาเหตุเดียวกันทุกครั้งจะมีผลอย่างเดียวกันทุกครั้ง ต่อมาเมื่อมีสาเหตุอื่นเข้ามาแทรกเพิ่มเข้ามาและเกิดผลแตกต่างออกไป ก็สรุปว่าสาเหตุที่แทรกเพิ่มเข้ามานั้นเป็นสาเหตุของผลที่แตกต่างออกไป เช่น ทุกครั้งที่ทานส้มตำไทยไม่เคยท้องเสีย แต่เมื่อทานส้มตำไทยใส่ปูแล้วท้องเสีย จึงสรุปได้ว่า ปูที่ใส่ลงไปในส้มตำเป็นสาเหตุที่ทำให้ท้องเสีย

3. วิธีหาส่วนที่เหลือ (Method of Residues) เป็นวิธีการสรุปสาเหตุของผลที่เหลือที่เกิดขึ้นในประสบการณ์ใดประสบการณ์หนึ่ง กล่าวคือ ในประสบการณ์เดียวกัน ถ้ามีหลายสาเหตุเกิดผลหลายอย่างร่วมกัน ถ้าทราบสาเหตุใดทำให้เกิดผลสามารถแยกสาเหตุนั้นออกไปได้และสาเหตุที่เหลือก็จะเป็นสาเหตุของผลที่เหลือ

4. วิธีหาเหตุผลของสาเหตุต่างระดับ (Method of Concomitant Variation) เป็นวิธีการสรุปหาเหตุผลเมื่อระดับความเข้มข้นของสาเหตุแตกต่างไปจากเดิม กล่าวคือ ในการศึกษาสถานการณ์บางอย่าง ระดับหรือความเข้มข้นของสาเหตุเดียวกันทำให้เกิดผลที่แตกต่างกันออกไป ดังนั้นในการสรุปผลจะต้องคำนึงถึงความแตกต่างของระดับ หรือความเข้มข้นของสเหตุด้วยเช่นกัน เช่น การรับประทานยาพาราเซตามอล พบว่าเด็กวัย 3-6 ปี รับประทานครั้งละ ½ เม็ด เด็กวัย 6-12 ปี รับประทานครั้งละ 1 เม็ด และวัยผู้ใหญ่อายุมากกว่า 12 ปี รับประทานครั้งละ 2 เม็ด

2.3.2 การวัดความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลแบบนิรนัย

การวัดความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลแบบนิรนัยนั้นอาศัยหลักใหญ่ๆ 2 ประการ คือ ตัวปฏิบัติการ 16 ตัว (The Sixteen Binary Operations) และการให้เหตุผล แบบตรรกบท (Syllogism) ซึ่งมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. หลักเกี่ยวกับตัวปฏิบัติการ 16 ตัว Inhelder and Piaget (1958: 103-104) ได้กล่าวถึงตัวปฏิบัติการ 16 ตัว ที่ใช้เป็นหลักความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์แบบนิรนัย ตัวปฏิบัติการ 16 ตัวนี้ใช้เชื่อมประพจน์ 2 ประพจน์เข้าด้วยกัน ผลของการเชื่อมประพจน์จะได้ประพจน์ใหม่ที่ถูกต้องตามหลักตรรกศาสตร์ ตัวปฏิบัติการคิดเหล่านี้ได้แก่

1.1 การเลือกโดยใช้เหตุผล (Disjunction) ให้สันธาน “หรือ” เป็นตัวเชื่อม เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ว่า p v q การเชื่อมประโยคในลักษณะที่ว่า ถ้าประพจน์ใดประพจน์หนึ่งเป็นจริงหรือเป็นเท็จทั้งสองประพจน์ การเชื่อมด้วยตัวปฏิบัติการการเลือกโดยใช้เหตุผลก็จะเป็นจริง

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ p v q = ($\bar{p}$ .q) v (p.$\bar{q}$) v (p.q)

เมื่อ p แทนประพจน์ p เป็นจริง, $\bar{p}$ แทนประพจน์ p เป็นเท็จ

เมื่อ q แทนประพจน์ q เป็นจริง, $\bar{q}$ แทนประพจน์ q เป็นเท็จ

1.2 รูปนิเสธของการเลือกโดยใช้เหตุผล (Negation of Disjunction) รูปนิเสธของ (p v q) กล่าวคือ (p v q) เป็นเท็จเมื่อ p เป็นเท็จ และ q เป็นเท็จ

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ ~(p v q) = ($\bar{p}$.$\bar{q}$)

1.3 การรวมโดยใช้เหตุผล (Conjunction) หมายถึง p เป็นจริง และ q เป็นจริง มีความหมายตรงกับคำว่า “และ”

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ p.q

1.4 รูปนิเสธของการรวมโดยใช้เหตุผล (Negation of Conjunction) หมายถึงสัญลักษณ์ (p.q) ไม่เป็นจริง แสดงว่า p หรือ q เป็นเท็จ หรือเป็นเท็จทั้งสองประพจน์

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ ~(p . q) = (p. $\bar{q}$) v ($\bar{p}$ .q) v ($\bar{p}$.$\bar{q}$)

1.5 การเป็นเหตุเป็นผลหรือตัวเงื่อนไข (Implication) ใช้สันธาน “ถ้า...แล้ว...” เป็นตัวเชื่อมประพจน์ เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ว่า ..... หมายความว่า ถ้าประพจน์หนึ่งเป็นจริงอีกประพจน์หนึ่งเป็นจริงด้วย

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ (pƎq) = (p.q) v ($\bar{p}$ .q) v ($\bar{p}$.$\bar{q}$)

1.6 รูปนิเสธของตัวเงื่อนไข (Negation of Implication) เป็นการบอกกล่าวเงื่อนไขเป็นเท็จ หมายความว่า p เป็นจริง แต่ q เป็นเท็จ

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ ~(pƎq) = (p. $\bar{q}$)

1.7 รูปกลับของตัวเงื่อนไข (Converse Implication)

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ (pƎq) = (p.q) v (p. $\bar{q}$) v ($\bar{p}$.$\bar{q}$)

1.8 รูปนิเสธของรูปกลับของตัวเงื่อนไข (Negation of Converse Implication)

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ ~(pƎq) = ($\bar{p}$ .q)

1.9 การเท่ากัน (Equivalence) ใช้สันธาน “...ก็ต่อเมื่อ...” เชื่อมประพจน์ หมายถึง p เป็นจริง และ q เป็นจริง หรือ p เป็นเท็จ และ q เป็นเท็จ

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ (p=q) = (p.q) v ($\bar{p}$.$\bar{q}$)

1.10 รูปนิเสธของการเท่ากัน (Negation of Equivalence)

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ ~(p=q) = (p. $\bar{q}$) v ($\bar{p}$ .q)

1.11 รูปความสัมพันธ์โดยอิสระ p ต่อ q (Independence of p to q)

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ p[q] = (p.q) v (p. $\bar{q}$)

1.12 รูปนิเสธของความสัมพันธ์โดยอิสระ p ต่อ q (Negation of Independence of p to q)

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ ~p[q] = ($\bar{p}$ .q) v ($\bar{p}$.$\bar{q}$)

1.13 รูปความสัมพันธ์โดยอิสระ q ต่อ p (Independence of q to p)

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ q[p] = (p.q) v ($\bar{p}$ .q)

1.14 รูปนิเสธของความสัมพันธ์โดยอิสระ q ต่อ p (Negation of Independence of q to p)

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ ~q[p] = (p.q) v ($\bar{p}$ .q)

1.15 สัจจนิรันดร์ (Tautology)

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ p*q = (p.q) v (p. $\bar{q}$) v ($\bar{p}$ .q) v ($\bar{p}$.$\bar{q}$)

1.16 ความเท็จโดยรูปแบบ (Contradiction) หมายความว่า ไม่มีอะไรเลย

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ ~(p*q) = o

2. การใช้เหตุผลแบบตรรกบท (Syllogism) เป็นความสามารถในการคิดอย่างมี เหตุผลแบบนิรนัยตามแนวคิดของ Aristotle (Smiley, 1973: 136) เป็นการคิดให้เหตุผลจากประโยคข้างต้นไปยังข้อสรุป เป็นการอ้างเหตุผลที่มีโครงสร้างหรือแบบแผนตายตัว ประกอบด้วยประโยคตรรกศาสตร์ 3 ประโยค โดยสองประโยคแรกเป็นส่วนอ้าง ส่วนประโยคที่สามเป็นข้อสรุปหรือสิ่งที่ต้องการทดสอบ

3. ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

การศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้ ความหมายของการคิดสร้างสรรค์และการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ องค์ประกอบของการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แนวทางการวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

3.1 ความหมายของการคิดสร้างสรรค์และการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการคิดสร้างสรรค์และการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังต่อไปนี้

Osborn (1957: 23) กล่าวถึงความคิดสร้างสรรค์ว่า เป็นจินตนาการประยุกต์ (Applied Imagination) ที่มนุษย์สร้างขึ้นเพื่อคลี่คลายปัญหายุ่งยากที่มนุษย์ประสบอยู่ มิใช่จินตนาการที่ฟุ้งซ่านเลื่อนลอยโดยทั่วไป ความคิดสร้างสรรค์จึงเป็นลักษณะสำคัญที่จะนำไปสู่การประดิษฐ์คิดค้นสิ่งแปลกใหม่ที่เป็นประโยชน์

Torrance (1962: 16) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถของบุคคลในการแก้ปัญหา ด้วยความคิดอย่างลึกซึ้งที่นอกเหนือไปจากลำดับขั้นของการคิดอย่างปกติธรรมดา อันเป็นลักษณะภายในตัวบุคคลที่จะคิดหลายแง่หลายมุม ผสมผสานจนได้ผลผลิตใหม่

Taylor (1964: 108-109) ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า เป็นความสามารถที่จะคิดย้อนกลับโดยการนำเอาสิ่งของหรือความรู้ต่างๆ ซึ่งดูเหมือนไม่สัมพันธ์กันมารวมกัน เพื่อการแก้ปัญหาในแนวทางใหม่

Wallach and Kogan (1965: 34) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง ความคิดโยงความสัมพันธ์ คนที่มีความคิดสร้างสรรค์คือ คนที่สามารถคิดอะไรได้อย่างสัมพันธ์เป็นลูกโซ่ เช่น เมื่อเห็นปากกาจะนึกถึงกระดาษ ดินสอ ขวดหมึก โต๊ะ ตำรา สมุดบันทึก เป็นต้น ยิ่งคิดได้มากเท่าไรก็ยิ่งแสดงถึงศักยภาพด้านความคิดสร้างสรรค์มากขึ้นเท่านั้น

Guildford (1967: 61) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถทางสมองที่คิดได้กว้างไกลหลายแง่มุม หลายทิศทางหรือที่เรียกว่า การคิดแบบอเนกนัย (Divergent Thinking) ซึ่งตรงข้ามกับความคิดแบบเอกนัย (Convergent Thinking) ที่เป็นความคิดเฉพาะในการสรุปความคิด

เพียงหนึ่งเดียวจากข้อมูลต่างๆ การคิดแบบอเนกนัยมุ่งเน้นความสามารถในการผลิตความคิดในใจทั้งเชิงปริมาณและคุณภาพ นับเป็นกระบวนการนำไปสู่การคิดประดิษฐ์สิ่งแปลกใหม่ รวมถึงการค้นพบแนวทางในกรแก้ปัญหาให้ลุล่วงอีกด้วย

Pilt and Sund (1968: 6-8) ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ว่าเป็นแนวทางการคิดและการกระทำของบุคคลในการเรียนรู้ปัญหา โดยใช้หลักการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลผลิตของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ นอกจากจะเน้นที่ความคิดริเริ่มเพื่อให้ได้มาซึ่งผลผลิตใหม่แล้ว ยังเน้นถึงความมีคุณค่าอีกด้วย

Anderson and other (1970: 90) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ หมายถึง พฤติกรรมของบุคคลซึ่งแสดงความคิดใหม่ๆ อันเป็นการกระทำที่บุคคลเลือกจากประสบการณ์ที่ผ่านมาเพื่อสร้างรูปแบบใหม่ๆ ความคิดใหม่ๆ หรือผลิตผลงานใหม่ๆ ความคิดสร้างสรรค์เป็นสิ่งที่มนุษย์ทุกคนเป็นเจ้าของในระดับความแตกต่างกัน ความคิดสร้างสรรค์นี้สามารถพัฒนาได้โดยการจัดสภาพการณ์ให้เหมาะสม

Moravcsik (1981: 221-225) ได้อธิบายว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็นการคิดค้นหาความรู้ใหม่อันเป็นการตอบสนองต่อความมุ่งหมายทางวิทยาศาสตร์ 2 ประการ คือ สามารถเป็นพื้นฐานของเทคโนโลยีและตอบสนองความอยากรู้อยากเห็นของมนุษย์ ซึ่งพยายามจะรู้และอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้นรอบๆ ตัวได้

De Bono (1982: 10) ได้เสนอว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถในการที่จะคิดนอกกรอบความคิดเดิมซึ่งปิดกั้นแนวคิดอยู่ ซึ่งก่อให้เกิดแนวคิดอย่างอื่นที่ถือได้ว่าเป็นแนวคิดที่จะนำมาพัฒนาเพื่อแก้ปัญหาที่ต้องการได้

Miles (1997: 212) กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถที่มีมาแต่กำเนิด ซึ่งทุกคนสามารถพัฒนาและเป็นสิ่งจำเป็นต่อวิทยาศาสตร์ ธุรกิจ การปกครอง การศึกษา และกีฬา ที่เท่ากับศิลปะและประกอบด้วยความสามารถให้รายละเอียดในความคิดนั้นๆ ได้ เป็นผู้มีความคิดคล่อง มีความยืดหยุ่น และความไวต่อการคิดค้นสิ่งใหม่

สุวัฒน์ นิยมค้า (2531: 37) ได้อธิบายว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นความสามารถในการคิดนอกกรอบเดิม สามารถช่วยปรับขยายและเปลี่ยนแปลงกรอบโครงสร้างความรู้เดิมออกไป ทำให้ผู้เรียนสามารถปรับขยายความคิดและสร้างแนวคิดใหม่ได้

ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์ (2539: 157) ได้กล่าวถึง ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ว่า เป็นความสามารถในการคิดแก้ปัญหา โดยใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของบุคคลที่แสดงออกได้หลายมิติ คือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2544 อ้างถึงใน กระทรวงศึกษาธิการ, สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา, 2550: 2) ได้ให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ไว้ว่า หมายถึง กระบวนการทางปัญญาระดับสูง ที่ใช้กระบวนการทางความคิดหลายๆ อย่างมารวมกันเพื่อสร้างสรรค์สิ่งใหม่หรือแก้ปัญหาที่มีอยู่ให้ดีขึ้น ความคิดสร้างสรรค์จะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อผู้สร้างสรรค์มีอิสรภาพทางความคิด

ประสาร มาลากุล ณ อยุธยา (2545: 16) ได้สังเคราะห์คำอธิบายจากแนวคิดและทฤษฎีต่างๆ เสนอว่าความคิดสร้างสรรค์มีจุดเน้นอยู่ 3 ลักษณะ ได้แก่

1. ความคิดสร้างสรรค์เป็นความคิดที่ใหม่ แปลกแตกต่างจากเดิม ซึ่งเกิดจากการคิดปรับปรุงเปลี่ยนแปลงสิ่งที่มีอยู่แล้วหรือการใช้จินตนาการคิดประดิษฐ์สิ่งใหม่ขึ้นมา
2. เป็นการคิดที่มุ่งแก้ปัญหาที่เกิดจากความต้องการของบุคคลหรือความจำเป็นจากสิ่งแวดล้อม โดยมีลักษณะของความไวต่อการรับรู้ปัญหาหรือการคิดค้นพบปัญหาในแง่มุมหรือรูปแบบที่แตกต่างจากธรรมดา
3. เป็นการคิดที่มีคุณค่า เป็นประโยชน์ มิใช่คิดฟุ้งซ่านให้แปลกแตกต่าง แต่ไร้สาระหรือเป็นอันตราย เป็นการคิดแปลกใหม่ที่เหมาะสมกับการแก้ปัญหา มีทางให้เป็นไปได้และใช้ประโยชน์ได้จริง

จากการศึกษาความหมายของการคิดสร้างสรรค์และการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่นักการศึกษาท่านต่างๆ ได้ให้ไว้ ผู้วิจัยสรุปความหมายของความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ว่า เป็นความสามารถในการจินตนาการหรือสร้างสิ่งใหม่ๆ โดยใช้กระบวนการเชื่อมโยงความรู้หรือองค์ประกอบเข้าด้วยกันในรูปแบบใหม่ ทำให้เกิดผลผลิตที่แปลกใหม่ มีคุณค่าและใช้ประโยชน์ได้อย่างเหมาะสม

3.2 องค์ประกอบของการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาได้จำแนกองค์ประกอบของการคิดสร้างสรรค์ได้ดังต่อไปนี้

Taylor (1964: 108-109) เสนอว่า ความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วย ความคล่องแคล่วในการคิด ทำให้เกิดความคล่องตัวและมั่นใจขึ้น ความคิดยืดหยุ่น ทำให้มองได้หลายแง่ และความคิดริเริ่ม เป็นการพิจารณาสิ่งต่างๆ ในทางที่แปลกใหม่

Guilford (1967: 145-151) มีแนวคิดว่า ความคิดสร้างสรรค์ประกอบด้วยองค์ประกอบพื้นฐาน 4 ประการดังนี้

1. ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบ ได้อย่างคล่องแคล่ว รวดเร็วและมีปริมาณมาก ในเวลาจำกัด แบ่งออกเป็น

1.1 ความคิดคล่องด้านถ้อยคำ (Word Fluency) เป็นความสามารถในการใช้ถ้อยคำอย่างคล่องแคล่ว

1.2 ความคิดคล่องด้านการโยงความสัมพันธ์ (Associational Fluency) เป็นความสามารถที่คิดถ้อยคำที่เหมือนกันหรือคล้ายกันให้ได้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้ ภายในเวลาที่กำหนด

1.3 ความคิดคล่องด้านการแสดงออก (Expressional Fluency) เป็นความสามารถในการใช้วลีหรือประโยค และนำคำมาเรียงกันอย่างรวดเร็วเพื่อให้ได้ประโยคที่ต้องการ

1.4 ความคิดคล่องด้านความคิด (Ideational Fluency) เป็นความสามารถที่จะคิดในสิ่งที่ต้องการภายในเวลาที่กำหนด ซึ่งมีความสำคัญต่อการแก้ปัญหาเพราะในการแก้ปัญหาจะต้องแสวงหาคำตอบหรือวิธีแก้ปัญหาหลายวิธี และต้องนำวิธีการเหล่านั้นมาทดลองจนกว่าจะพบวิธีการที่ถูกต้องตามที่ต้องการ

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการคิดหาคำตอบได้หลายประเภทและหลายทิศทาง แบ่งออกเป็น

2.1 ความคิดยืดหยุ่นที่เกิดขึ้นทันที (Spontaneous Flexibility) เป็นความสามารถที่จะพยายามคิดได้หลายอย่าง อย่างอิสระ เช่น คนที่มีความยืดหยุ่นในด้านนี้จะคิดได้ว่าประโยชน์ของก้อนอิฐมีอะไรบ้าง โดยจะคิดประโยชน์ได้หลายอย่างหลายทิศทาง ในขณะที่คนที่ไม่มีความคิดยืดหยุ่นในด้านนี้จะคิดได้เพียงอย่างเดียวหรือสองอย่างเท่านั้น

2.2 ความคิดยืดหยุ่นด้านการดัดแปลง (Adaptive Flexibility) เป็นความสามารถที่จะคิดได้หลากหลายและสามารถคิดดัดแปลงจากสิ่งหนึ่งไปเป็นหลายสิ่งได้ ซึ่งคนที่มีความคิดยืดหยุ่นแบบนี้จะคิดได้ไม่ซ้ำกัน

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ลักษณะความคิดที่แปลกใหม่และแตกต่างจากความคิดธรรมดา เป็นความคิดที่เป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคม ความคิดริเริ่มอาจเกิดจากการนำเอาความรู้เดิมมาคิดดัดแปลง ประยุกต์ให้เกิดสิ่งใหม่ขึ้น เช่น การคิดเครื่องบินได้สำเร็จก็ได้แนวคิดมาจากการทำเครื่องร่อน เป็นต้น

ความคิดริเริ่ม เป็นลักษณะความคิดที่เกิดขึ้นเป็นครั้งแรก เป็นความคิดที่แปลกแตกต่างจากความคิดเดิมและอาจไม่เคยมีใครคิดมาก่อน ความคิดริเริ่มจำเป็นต้องอาศัยลักษณะความกล้าคิดกล้าลอง เพื่อทดสอบความคิดของตน บ่อยครั้งที่ต้องอาศัยจินตนาการหรือที่เรียกว่า จินตนาการประยุกต์ คือ มิใช่คิดเพียงอย่างเดียว แต่จำเป็นต้องคิดสร้างและหาทางทำให้เกิดผลงาน

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความคิดในรายละเอียดเพื่อตกแต่งหรือขยายความคิดหลักให้ได้ความหมายสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ความคิดละเอียดลออเป็นคุณลักษณะที่จำเป็นอย่างยิ่งในการสร้างสรรค์ผลงานที่มีความแปลกใหม่ให้สำเร็จ

Torrance (1973) ได้ศึกษาเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนใน 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1. ความคล่องในการคิด (Fluency) เป็นความสามารถในการแสดงความคิดในเรื่องเดียวกันได้ไม่ซ้ำกัน สามารถแสดงความคิดออกมาได้มาก หลายอย่างโดยไม่ซ้ำกัน

2. ความยืดหยุ่นในการคิด (Flexibility) เป็นความสามารถในการจัดกระทำต่อปัญหาได้หลากหลายและสามารถแปลงความรู้หรือประสบการณ์ให้เกิดประโยชน์ได้หลายด้าน

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) เป็นความคิดที่แปลกใหม่ แตกต่างไปจากความคิดเดิมหรือแตกต่างไปจากผู้อื่น เป็นการรวมกันของความคิดที่ไม่มีความสัมพันธ์กันมาก่อนทั้งในด้านความคิดหรือการกระทำ

อารี รังสินันท์ (2532: 29) ได้กล่าวถึงลักษณะของความคิดสร้างสรรค์ตามการจำแนกของ Guilford โดยแบ่งองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์เป็น 4 ด้าน ดังนี้

1. ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง ปริมาณของความคิดได้ในเรื่องหนึ่งหรือสถานการณ์หนึ่งที่ไม่ซ้ำกัน

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง กลุ่มประเภทของความคิดที่คิดได้

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความคิดที่มีลักษณะแปลกใหม่ แตกต่างไปจากความคิดทั่วไป เป็นความคิดที่เกิดจากการนำเอาความรู้เดิมมาดัดแปลงให้เกิดเป็นความคิดใหม่หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่

4. ความคิดละเอียดลออ (Elaboration) หมายถึง ความคิดในเชิงรายละเอียดที่มีลักษณะเกาะติดและต่อเนื่องที่นำไปสู่ความลุ่มลึก แล้วสามารถสร้างผลงานหรือชิ้นงานได้สำเร็จ

จากการวิเคราะห์องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ที่นักการศึกษาหลายท่านเสนอไว้ข้างต้น ผู้วิจัยจะทำการศึกษาความคิดสร้างสรรค์ใน 3 องค์ประกอบได้แก่

1. ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการแสดงปริมาณความคิดในเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่ไม่ซ้ำกัน

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการแสดงความคิดที่จัดจำแนกได้หลากหลายประเภท

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการแสดงความคิดที่แปลกใหม่ ไม่ซ้ำกับความคิดโดยทั่วไป

3.3 แนวทางการวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

การวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สามารถทำได้โดยใช้แบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ ซึ่งปัจจุบันเป็นวิธีที่ได้รับความนิยมและสามารถทำการวัดได้อย่างเป็นระบบ นักการศึกษาหลายท่านได้พัฒนาแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์รูปแบบต่างๆ ดังรายละเอียดต่อไปนี้

Guilford and Christensen (cite in Anastasi, 1988: 316-350) กลุ่มนักจิตวิทยาที่ร่วมกันพัฒนาแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์มาตรฐาน ซึ่งประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 11 ฉบับ แบ่งเป็น แบบทดสอบด้านภาษาเขียน 7 ฉบับ แบบทดสอบด้านรูปภาพ 3 ฉบับ และโจทย์ปัญหา 1 ฉบับ แบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์นี้เหมาะกับผู้เรียนระดับมัธยมศึกษาไปจนถึงผู้ใหญ่ แบบวัดดังกล่าวมีรายละเอียดในการทดสอบดังนี้

1. ความคล่องในการใช้คำ (Word Fluency) เป็นการเขียนคำที่ขึ้นต้นด้วยตัวอักษร ที่กำหนดให้

2. ความคล่องทางความคิด (Ideational Fluency) เป็นการเขียนชื่อสิ่งของที่มีคุณสมบัติตามลักษณะที่กำหนดให้ เช่น ให้บอกชื่อสิ่งของที่กลมและมีสีขาว

3. ความคล่องทางด้านการเชื่อมโยง (Associtional Fluency) เป็นการเขียนคำต่างๆ ที่มีความหมายคล้ายคลึงกับคำที่กำหนดให้

4. ความคล่องในการแสดงออก (Expressional Fluency) เป็นการสร้างประโยคจากคำที่กำหนดให้ โดยกำหนดอักษรตัวแรกของแต่ละคำให้และห้ามให้คำซ้ำ

5. การใช้ประโยชน์อย่างอื่น (Alternate Uses) เป็นการบอกประโยชน์อย่างอื่นของสิ่งของเฉพาะที่กำหนดให้ในลักษณะที่แตกต่างจากการใช้ประโยชน์ทั่วไป เช่น หนังสือพิมพ์ใช้ทำประโยชน์อื่นอย่างไรบ้าง

6. การบอกผลที่ตามมา (Consequence) เป็นการบอกผลที่เกิดขึ้นอันเนื่องมาจากสมมติฐานที่กำหนดให้ เช่น ถ้าคนไม่จำเป็นต้องนอนจะเกิดอะไรขึ้น เป็นต้น

7. การบอกอาชีพที่เป็นไปได้ (Possible Jobs) เป็นการบอกอาชีพต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับ คำที่กำหนดให้ เช่น กำหนดคำว่าหลอดไฟ อาชีพที่เกี่ยวข้องคือ วิศวกรไฟฟ้า เจ้าของโรงงาน ทำหลอดไฟฟ้า เป็นต้น

8. การสร้างรูปภาพ (Making Objects) เป็นการวาดภาพจากรูปที่กำหนดให้ เช่น กำหนดรูปวงกลมและสามเหลี่ยมให้ ในการสร้างรูปภาพสามารถใช้รูปที่กำหนดให้ซ้ำกันได้ แต่ใช้รูปหรือเส้น ในลักษณะอื่นๆ เพิ่มเติมไม่ได้

9. การร่างรูป (Sketches) เป็นการต่อเติมรูปภาพจากแบบร่างที่กำหนดให้ เช่น กำหนดวงกลม สามเหลี่ยม สามารถต่อเติมรูปภาพให้สมบูรณ์และแตกต่างกันมากที่สุด

10. การตกแต่ง (Decoration) เป็นการตกแต่งรูปภาพเกี่ยวกับสิ่งของทั่วไปที่ร่างเอาไว้แล้วด้วยแบบที่แตกต่างกัน

11. การแก้ปัญหา (Match Problem) เป็นการแก้ปัญหาจากโจทย์ที่กำหนดให้ เช่น ให้เอาจำนวนก้านไม้ขีดไฟออกส่วนหนึ่ง เพื่อให้ส่วนที่เหลือประกอบกันเป็นรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสหรือรูปสามเหลี่ยมที่มีจำนวนรูปตามต้องการ

Torrance (cite in Anastasi, 1988: 316-350) ได้พัฒนาแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ที่มีชื่อว่า MTCT (Minessota Test of Creative Thinking) ต่อมาใช้ชื่อว่า TTCT (Torrance Test of Creative Thinking) ใช้วัดความคิดสร้างสรรค์ได้หลายระดับอายุ ประกอบด้วยแบบทดสอบ 3 ประเภท ได้แก่

1. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยรูปภาพ (Thinking Creatively with Pictures)

แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยรูปภาพมี 2 แบบ คือ แบบ A และแบบ B เป็นแบบทดสอบคู่ขนาน ซึ่ง Torrance ได้กำหนดสิ่งเร้าที่แตกต่างกันแต่มีลักษณะคล้ายกัน มีจุดมุ่งหมายเดียวกัน แบบทดสอบทั้งสองฉบับสามารถใช้สำหรับชั้นอนุบาลจนถึงระดับอุดมศึกษา ลักษณะของแบบทดสอบประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 3 ชุด คือ

1.1 การสร้างรูปภาพ (Picture Construction) เป็นการต่อเติมรูปภาพจากสิ่งเร้า ที่กำหนดให้ โดยสิ่งเร้าเป็นกระดาษสติกเกอร์สีเขียวรูปไข่ ให้ต่อเติมภาพที่แปลกใหม่ ตื่นเต้นและน่าสนใจที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ จากนั้นให้ตั้งชื่อภาพให้แปลกที่สุด

1.2 การต่อเติมรูปภาพให้สมบูรณ์ (Picture Completion) เป็นการต่อเติมรูปภาพจากสิ่งเร้าที่กำหนดให้ ซึ่งเป็นรูปเส้นในลักษณะต่างๆ จำนวน 10 รูป โดยต่อเติมให้แปลก น่าสนใจและน่าตื่นเต้นมากที่สุดเท่าที่จะเป็นไปได้ จากนั้นตั้งชื่อรูปภาพที่ต่อเติมเสร็จแล้ว ให้แปลกและน่าสนใจด้วย

1.3 การใช้เส้นคู่ขนาน (Parallel Line) เป็นการต่อเติมภาพจากเส้นคู่ขนานจำนวน 30 คู่ เน้นการประกอบภาพโดยใช้เส้นคู่ขนานเป็นส่วนสำคัญของภาพและต่อเติมภาพให้แปลกแตกต่าง ไม่ซ้ำกัน จากนั้นให้ตั้งชื่อภาพที่ต่อเติมด้วย

การตรวจให้คะแนนแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยรูปภาพ แบ่งการให้คะแนนออกเป็น 4 ด้านคือ

1. คะแนนความคิดคล่อง พิจารณาจากคำตอบที่เป็นไปได้ตามเงื่อนไขของคำถาม โดยให้คะแนนคำตอบละ 1 คะแนน ตามปริมาณคำตอบที่ไม่ซ้ำกัน

2. คะแนนความคิดยืดหยุ่น พิจารณาจากคำตอบที่เป็นไปได้ ซึ่งจะจัดกลุ่มหรือประเภทของคำตอบของผู้เรียนแต่ละคนตามวิธีการคิดที่แตกต่างกันต่อสิ่งเร้าหรือเงื่อนไขที่กำหนดให้ โดยให้คะแนนคำตอบเป็นกลุ่มหรือประเภทละ 1 คะแนน

3. คะแนนความคิดริเริ่ม พิจารณาจากความถี่ของคำตอบของผู้เรียนทั้งหมดที่เป็นความคิดแปลกแตกต่างไปจากคำตอบทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง โดยกำหนดให้คะแนนคำตอบตามความถี่ดังนี้

จำนวนของคำตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 0-1.99 ให้ 2 คะแนน
จำนวนของคำตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 2-4.99 ให้ 1 คะแนน
จำนวนของคำตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 5 ขึ้นไป ให้ 0 คะแนน

คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนรายข้อคิดได้จากผลบวกของคะแนนความคิดคล่อง คะแนนความคิดยืดหยุ่นและคะแนนความคิดริเริ่ม สำหรับคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนคิดได้จากผลบวกของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนรายข้อ

2. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษา (Thinking Creatively with Words)

แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษามี 2 แบบ แบบ A และแบบ B เป็นแบบทดสอบคู่ขนาน แบบดสอบนี้เหมาะสำหรับผู้เรียนระดับชั้นประถมศึกษาจนถึงระดับอุดมศึกษา ประกอบด้วยกิจกรรมย่อย 7 กิจกรรมดังนี้

2.1 กิจกรรมที่ 1 การตั้งคำถาม เป็นการตั้งคำถามจากภาพที่กำหนดให้ให้ได้ปริมาณคำถามมากที่สุด และคำถามนั้นจะต้องตอบจากการใช้ความคิดมิใช่เพียงแต่เหลือบดูภาพเท่านั้น

2.2 กิจกรรมที่ 2 การเดาสาเหตุ เป็นการเขียนสาเหตุที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นของรูปภาพในกิจกรรมที่ 1 ให้มากที่สุด

2.3 กิจกรรมที่ 3 การเดาผลที่จะเกิดตามมา เป็นการเขียนผลที่อาจเกิดขึ้นอันเนื่องมาจากเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในรูปภาพของกิจกรรมที่ 1

2.4 กิจกรรมที่ 4 ปรับปรุงผลผลิตให้ดีขึ้น เป็นการดัดแปลงสิ่งของในภาพที่กำหนดให้ให้มากที่สุดเท่าที่จะมากได้

2.5 กิจกรรมที่ 5 ประโยชน์ของสิ่งของ เป็นการเขียนรายชื่อหรือบอกรายการของสิ่งของที่น่าสนใจและแปลกใหม่ที่ทำมาจากสิ่งของที่กำหนดให้

2.6 กิจกรรมที่ 6 ตั้งคำถามแปลกๆ เป็นการตั้งคำถามแปลกๆ เกี่ยวกับสิ่งของที่กำหนดให้

2.7 กิจกรรมที่ 7 การสมมติอย่างมีเหตุผล เป็นการเขียนสิ่งที่คิดหรือคาดเดาถึงสิ่งที่เกิดขึ้นจากสถานการณ์ที่ไม่น่าเป็นไปได้ที่กำหนดให้

การตรวจให้คะแนนแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษา แบ่งการให้คะแนนออกเป็น 3 ด้านคือ

1. คะแนนความคิดคล่อง พิจารณาจากคำตอบที่เป็นไปได้ตามเงื่อนไขของคำถาม โดยให้คะแนนคำตอบละ 1 คะแนน ตามปริมาณคำตอบที่ไม่ซ้ำกัน

2. คะแนนความคิดยืดหยุ่น พิจารณาจากคำตอบที่เป็นไปได้ ซึ่งจะจัดกลุ่มหรือประเภทของคำตอบของผู้เรียนแต่ละคนตามวิธีการคิดที่แตกต่างกันต่อสิ่งเร้าหรือเงื่อนไขที่กำหนดให้ โดยให้คะแนนคำตอบเป็นกลุ่มหรือประเภทละ 1 คะแนน

3. คะแนนความคิดริเริ่ม พิจารณาจากความถี่ของคำตอบของผู้เรียนทั้งหมดที่เป็นความคิดแปลกแตกต่างไปจากคำตอบทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง โดยกำหนดให้คะแนนคำตอบตามความถี่ดังนี้

จำนวนของคำตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 0-1.99 ให้ 2 คะแนน

จำนวนของคำตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 2-4.99 ให้ 1 คะแนน

จำนวนของคำตอบซ้ำคิดเป็นร้อยละ 5 ขึ้นไป ให้ 0 คะแนน

คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนรายข้อคิดได้จากผลบวกของคะแนนความคิดคล่อง คะแนนความคิดยืดหยุ่นและคะแนนความคิดริเริ่ม สำหรับคะแนนความคิด

สร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนคิดได้จากผลบวกของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนรายข้อ

3. แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยเสียงและภาษา (Thinking Creatively with Sounds and Words: Sounds and Images)

แบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยเสียงและภาษา มี 2 แบบ คือ แบบ A และแบบ B เป็นแบบทดสอบคู่ขนาน ซึ่ง Torrance ได้กำหนดสิ่งเร้าที่บันทึกไว้ในเทปบันทึกเสียงใช้เป็นสถานการณ์ที่เชื่อมโยงสู่การวัดความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียน แบบทดสอบนี้ประกอบด้วยแบบทดสอบย่อย 2 ประเภท ได้แก่ แบบทดสอบโดยอาศัยเสียงและรูปภาพ (Sound and Images: SI) และแบบทดสอบการเลียนเสียงและรูปภาพ (Onomatopoeia and Images: OI) แบบดสอบนี้แบ่งเป็น 2 ระดับ คือ ระดับที่ 1 สำหรับผู้เรียนเกรด 3-12 และระดับที่ 2 สำหรับวัยผู้ใหญ่

Sandra and Robert (2001: 102) อธิบายถึงการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ว่า สถานการณ์ในแบบวัดความคิดสร้างสรรค์นั้นควรเกี่ยวข้องกับหน่วยการเรียนรู้เพื่อให้ผู้เรียนสามารถเชื่อมโยงกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ แต่ไม่ควรเน้นเนื้อหาที่เรียนรู้โดยตรง เนื่องจากจะทำให้แบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์กลายเป็นแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Philip and Weiping (2002: 389-403) ได้พัฒนาแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาที่มีอายุ 13 ปี โดยใช้แบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของ Torrance ฉบับแบบทดสอบภาษา โดยวัดลักษณะของความคิดสร้างสรรค์ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม ซึ่งแบบวัดดังกล่าวมีลักษณะดังนี้

1. การใช้ประโยชน์ เป็นสถานการณ์ที่ให้ผู้เรียนเขียนประโยชน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับให้มากที่สุดจากการนำสิ่งของที่กำหนดมาใช้ โดยสถานการณ์นี้ได้กำหนดสิ่งของคือ แก้วน้ำ

2. การตั้งคำถาม เป็นสถานการณ์ที่ให้ผู้เรียนเขียนคำถามทางวิทยาศาสตร์ให้มากที่สุด โดยสถานการณ์สมมติให้ผู้เรียนสามารถเดินทางไปยังอวกาศได้

3. การปรับปรุงสิ่งของให้ดีขึ้น เป็นสถานการณ์ที่ให้ผู้เรียนออกแบบปรับปรุงสิ่งของที่กำหนดมาให้ได้มากที่สุด โดยสถานการณ์ที่กำหนดให้เป็นการให้ปรับปรุงจักรยาน

4. การคาดเดาเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น เป็นสถานการณ์ที่ให้ผู้เรียนเขียนเหตุการณ์ที่น่าจะ เป็นไปได้มากที่สุดในสถานการณ์ที่กำหนดให้ โดยสถานการณ์สมมติให้ว่า ถ้าโลกนี้ไม่มีแรงโน้มถ่วงจะเกิดอะไรขึ้น

5. การแก้ปัญหา เป็นสถานการณ์ที่ให้ผู้เรียนเขียนวิธีการแก้ปัญหาจากปัญหาที่กำหนด ให้ได้มากที่สุด โดยสถานการณ์ให้ผู้เรียนหาวิธีการแบ่งรูปสี่เหลี่ยมจัตุรัสออกเป็นสี่ส่วนที่เท่าๆ กัน

6. การออกแบบการทดลอง เป็นสถานการณ์ที่ให้ผู้เรียนออกแบบวิธีการทดลองซึ่งนำไปสู่วิธีการตอบปัญหาที่ได้กำหนดไว้ โดยสถานการณ์กำหนดให้ผู้เรียนออกแบบวิธีการทดลองเพื่อทดสอบคุณภาพของผ้าเช็ดมือ

7. การออกแบบสิ่งประดิษฐ์ เป็นสถานการณ์ที่ให้ผู้เรียนวาดรูปซึ่งแสดงถึงหน้าที่ของชิ้นส่วนต่างๆ ในสิ่งประดิษฐ์นั้น โดยสถานการณ์กำหนดให้ผู้เรียนออกแบบอุปกรณ์ที่ใช้ในการเก็บแอปเปิ้ล

การตรวจให้คะแนน ได้อิงหลักการตรวจให้คะแนนเช่นเดียวกับแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาของ Torrance

จากการศึกษาวิเคราะห์หลักการสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักการศึกษาดังที่กล่าวมาข้างต้น ผู้วิจัยได้สร้างแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์บนพื้นฐานหลักการสร้างแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาของ Torrance โดยวัดองค์ประกอบทางความคิดสร้างสรรค์ 3 ด้าน คือ ความคิดคล่อง (Fluency) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) และความคิดริเริ่ม (Originality) และตรวจให้คะแนนเช่นเดียวกับแบบทดสอบความคิดสร้างสรรค์โดยอาศัยภาษาของ Torrance คือ แบ่งการให้คะแนนออกเป็น 3 ด้าน

1. คะแนนความคิดคล่อง พิจารณาจากคำตอบที่เป็นไปตามเงื่อนไขของคำถาม โดยให้คะแนนคำตอบละ 1 คะแนน ตามปริมาณคำตอบที่ไม่ซ้ำกัน

2. คะแนนความคิดยืดหยุ่น พิจารณาจากคำตอบที่เป็นไปได้ ซึ่งจะจัดกลุ่มหรือประเภทของคำตอบของผู้เรียนแต่ละคนตามวิธีการคิดที่แตกต่างกันต่อสิ่งเร้าหรือเงื่อนไขที่กำหนดให้ โดยให้คะแนนคำตอบเป็นกลุ่มหรือประเภทละ 1 คะแนน

3. คะแนนความคิดริเริ่ม พิจารณาจากความถี่ของคำตอบของผู้เรียนทั้งหมดที่เป็นความคิดแปลกแตกต่างไปจากธรรมดาในการตอบของกลุ่มตัวอย่าง โดยกำหนดให้คะแนนคำตอบตามความถี่ ดังนี้

จำนวนของคำตอบซ้ำ คิดเป็นร้อยละ 0-1.99 ให้ 2 คะแนน
จำนวนของคำตอบซ้ำ คิดเป็นร้อยละ 2-4.99 ให้ 1 คะแนน
จำนวนของคำตอบซ้ำ คิดเป็นร้อยละ 5 ขึ้นไป ให้ 0 คะแนน

คะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนรายข้อได้จากผลบวกของคะแนนความคิดคล่อง คะแนนความคิดยืดหยุ่น และคะแนนความคิดริเริ่ม สำหรับคะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนหาได้จากผลบวกของคะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนรายข้อ

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1 งานวิจัยต่างประเทศ

Osman and other (2008) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องระบบการไหลเวียนโลหิตของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จำนวน 38 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง เรียนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน และกลุ่มควบคุมเรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนแบบทั่วไป ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Christopher and other (2009) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนตามแนวการสืบสอบหาความรู้ 5 ขั้นตอน ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน การให้เหตุผลและการสร้างโต้แย้งของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนในช่วงอายุ 14-16 ปี จำนวน 58 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง เรียนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (BSCS 5E Instructional Model) และกลุ่มควบคุมเรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนแบบทั่วไป ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน มีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการให้เหตุผลและการสร้างข้อโต้แย้งสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Pooja Walia (2012) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนเกรด 8 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 8 จำนวน 32 คน 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง เรียนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน และกลุ่มควบคุมเรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนแบบทั่วไป เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบทดสอบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์ของ Balka ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางคณิตศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

Tayebeh Tajari and Fariba Haghani (2013) ได้ศึกษาผลของการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ที่มีต่อการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 3 จำนวน 80 คน เป็นนักเรียนชาย 40 คนและนักเรียนหญิง 40 คน แบ่งนักเรียนเป็นกลุ่มทดลองและ

กลุ่มควบคุม กลุ่มละ40 คน (ชาย 20 คน หญิง 20 คน) เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือ แบบทดสอบประเมินความคิดสร้างสรรค์ของ Abedi ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน มีคะแนนความคิดสร้างสรรค์เพิ่มขึ้นทั้งนักเรียนชายและนักเรียนหญิงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

4.2 งานวิจัยในประเทศ

พิมพ์พร วัฒนานนท์ (2539) ได้ศึกษาการใช้วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นยุทธวิธีวงจรการเรียนรู้มาปรับแผนการสอนเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ พบว่า นักเรียนที่ใช้แผนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ที่เน้นยุทธวิธีวงจรการเรียนรู้มีความคิดสร้างสรรค์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่ใช้แผนการสอนที่ใช้วิธีการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

เกรียงไกร อภัยวงศ์ (2548) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบตั้งสมมติฐานนิรนัยที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 2 ห้องเรียน กำหนดเป็นกลุ่มทดลองที่เรียนโดยวงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยและกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบตั้งสมมติฐานนิรนัยมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าร้อยละ 60 และสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป ส่วนคะแนนเฉลี่ยร้อยละมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มทดลองต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือร้อยละ 70

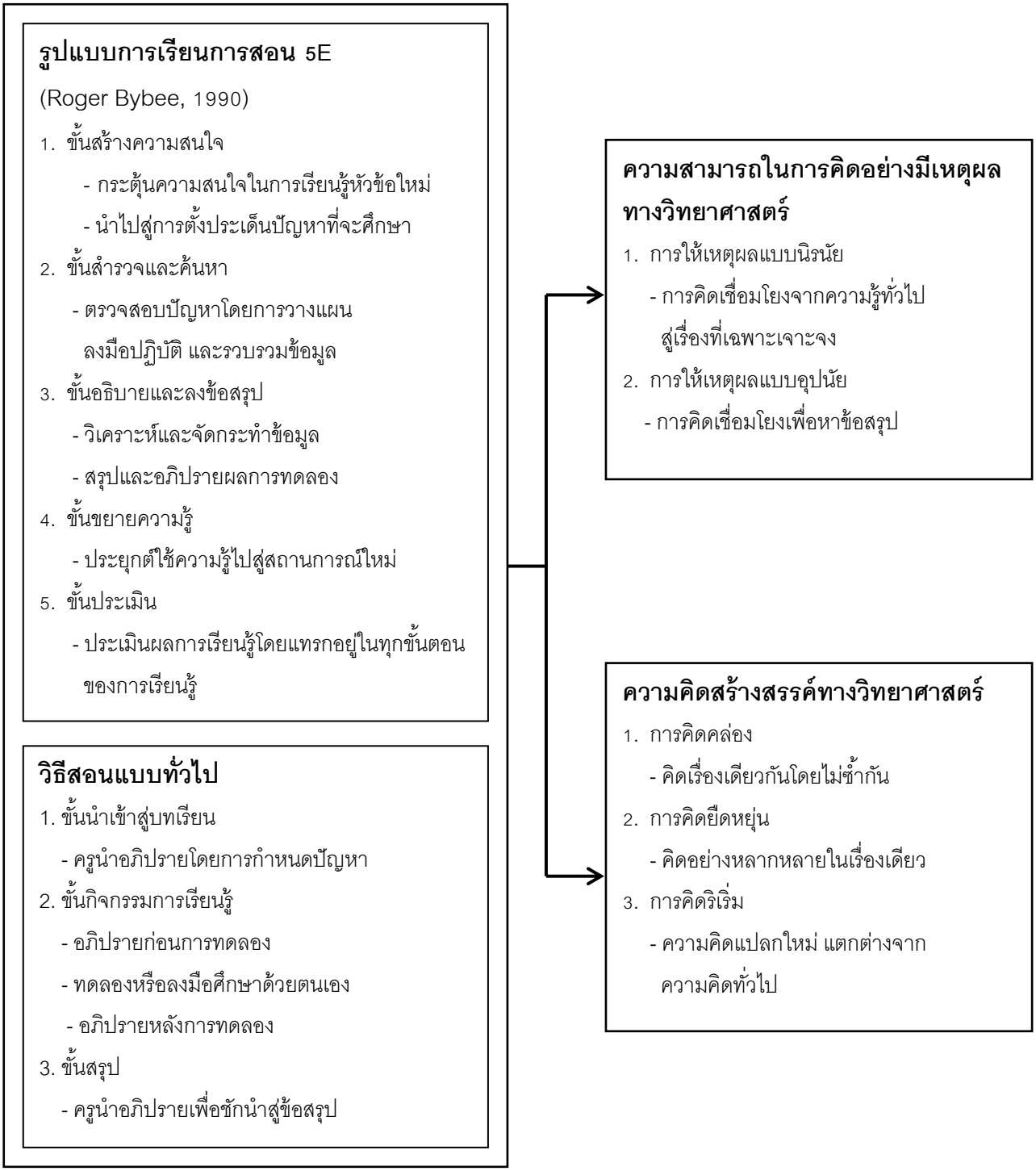
สมบัติ กาญจนารักพงศ์และคณะ (2549) ได้ศึกษาเทคนิคการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ที่เน้นพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง กลุ่มสาระสังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม พบว่า ครูเครือข่ายที่ได้รับการขายผลพัฒนา สามารถเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ตามรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้ด้วยตนเอง และมีความเหมาะสมตามเนื้อหา อีกทั้งนักเรียนที่เรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน มีทักษะการคิดขั้นสูงอยู่ในระดับดีทั้งภาพรวม นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้กับกลุ่มสาระสังคมศึกษา ศาสนาและวัฒนธรรม นักเรียนมี

ความพอใจมากเฉลี่ยสูงสุด 2 อันดับแรก คือ การทำงานและเรียนเป็นกลุ่ม มีโอกาสให้ความรู้แก่เพื่อนและได้รับความรู้จากเพื่อนเช่นกัน

สันติชัย อนุวรชัย (2553) ทำการวิจัยเรื่อง ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนกุหลาบวิทยา กรุงเทพมหานคร ที่เรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2553 จำนวน 66 คน แบ่งเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองเรียนด้วยด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง และกลุ่มควบคุมเรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนแบบทั่วไป ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีและมีคะแนนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 มีคะแนนเฉลี่ยการทดสอบความมีเหตุผลและคะแนนการสังเกตพฤติกรรมความมีเหตุผลระหว่างการทดลองสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการเรียนการสอนแบบทั่วไปอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การศึกษางานวิจัยทั้งในและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับผลของการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน สรุปได้ว่า การใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงขึ้น อีกทั้งยังพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผล การสร้างข้อโต้แย้งและความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนให้สูงขึ้นด้วย

กรอบแนวคิดในการวิจัย



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ที่มีต่อความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนวิธีการวิจัยดังนี้

1. การศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. การกำหนดรูปแบบการวิจัย
3. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
4. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การศึกษาค้นคว้าเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่างๆ ทั้งในและต่างประเทศที่เกี่ยวข้องดังนี้

1.1 ศึกษาข้อมูลจากหนังสือ เอกสาร วารสาร และงานวิจัยทั้งในประเทศและต่างประเทศเกี่ยวกับรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้เป็นแนวทางการทดลอง

1.2 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 หลักสูตรสถานศึกษาของโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ และหนังสือประกอบการเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของพืชและอาหารกับการดำรงชีวิต เพื่อวิเคราะห์เนื้อหาและเป็นแนวทางในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้

1.3 ศึกษาหลักการและวิธีสร้างเครื่องมือในการวิจัย การสร้างแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น

2. การกำหนดรูปแบบการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) แบ่งกลุ่มตัวอย่างออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองที่เรียนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน และกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป มีการเก็บรวบรวมข้อมูลทั้งก่อนและหลังการทดลองเพื่อศึกษาความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

3. การกำหนดประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม โดยดำเนินการกำหนดกลุ่มตัวอย่างตามขั้นตอนต่างๆ ดังนี้

1. การเลือกโรงเรียน ผู้วิจัยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive Selection) โดยเลือกโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม เป็นกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย เนื่องจากเป็นโรงเรียนที่นักเรียนมีระดับความสามารถและองค์ประกอบต่างๆ ไม่แตกต่างจากโรงเรียนสาธิตทั่วไปที่สังกัดมหาวิทยาลัยของรัฐ กลุ่มตัวอย่างมีทั้งนักเรียนเพศชายและเพศหญิงในอัตราส่วนใกล้เคียงกัน นอกจากนี้ผู้บริหารและคณาจารย์ในโรงเรียนได้ให้การสนับสนุนและให้ความร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี

2. การเลือกระดับชั้นโดยผู้วิจัยพิจารณาเลือกนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่กำลังเรียนในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557

3. การสุ่มเลือกห้องเรียนเพื่อเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผู้วิจัยได้พิจารณาจากคะแนนผลการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 7 ห้องเรียน แล้วทำการเลือกห้องเรียนที่มีค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) ของคะแนนผลการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ที่ใกล้เคียงกันมา 2 ห้องเรียน ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/4 และนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1/5

4. ทดสอบความแตกต่างของคะแนนผลการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ของนักเรียนทั้ง 2 ห้องเรียน โดยการทดสอบค่าที (t-test) พบว่านักเรียนทั้ง 2 ห้องเรียนมีค่าเฉลี่ยของคะแนนผลการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ปรากฏผลดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าสถิติทดสอบค่าที (t-test) ของผลการเรียนรู้รายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ภาคเรียนที่ 1 ก่อนการทดลองของกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม

ห้องเรียน	จำนวน (คน)	$\bar{x}$	SD	t-test	Sig.
ม.1/4	35	76.31	13.57	-.110	.912
ม.1/5	35	75.97	12.39		

5. ทำการสุ่มอย่างง่ายด้วยวิธีจับฉลากเพื่อกำหนดกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ผลปรากฏว่า นักเรียนชั้น ม.1/5 จำนวน 35 คน เป็นกลุ่มทดลอง และนักเรียนชั้น ม.1/4 จำนวน 35 คน เป็นกลุ่มควบคุม

6. แบ่งนักเรียนตามระดับความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์โดยใช้คะแนนวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานของนักเรียน ซึ่งแบ่งเป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

ระดับความสามารถสูง คือ นักเรียนที่มีคะแนนตั้งแต่ร้อยละ 80 ขึ้นไป

ระดับความสามารถปานกลาง คือ นักเรียนที่มีคะแนนระหว่างร้อยละ 60-79

ระดับความสามารถต่ำ คือ นักเรียนที่มีคะแนนต่ำกว่าร้อยละ 60

4. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 2 ประเภท คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

4.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

4.1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และหลักสูตรโรงเรียนโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม วิเคราะห์ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางของกลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ ที่จะใช้ในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของพืชและอาหารกับการดำรงชีวิต และศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน จากเอกสาร ตำรา วารสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

4.1.2 กำหนดเนื้อหาและจำนวนคาบเรียน เพื่อจัดทำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ซึ่งแบ่งได้เป็น 15 แผน จำนวน 27 คาบเรียน ดังรายละเอียดในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 หัวเรื่องและจำนวนคาบเรียนหน่วยการเรียนรู้เรื่อง หน่วยของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของพืชและอาหารกับการดำรงชีวิต

แผนการจัดการเรียนรู้ที่	หัวเรื่อง	จำนวนคาบเรียน
1	เซลล์ของสิ่งมีชีวิต	2
2	การลำเลียงน้ำของพืช	1
3	การแพร่ของน้ำเข้าสู่เซลล์พืช	3
4	การคายน้ำของพืช	1
5	ปัจจัยบางประการที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง	3
6	แก๊สที่เกิดจากการสังเคราะห์ด้วยแสง	2
7	การสืบพันธุ์ของพืช	3
8	ความก้าวหน้าของเทคโนโลยีชีวภาพเกี่ยวกับพืช	1
9	การเจริญเติบโตของพืช	1
10	การตอบสนองของพืช	1
11	อาหารและสารอาหาร	1
12	การตรวจสอบสารอาหาร	2
13	การตรวจสอบวิตามินซี	2
14	ความต้องการพลังงานของร่างกาย	2
15	วัตถุเจือปนในอาหาร	2
รวม		27

4.1.3 เขียนแผนการจัดการเรียนรู้รายคาบตามเนื้อหาและจำนวนคาบที่กำหนดโดยใช้กิจกรรมการเรียนการสอนที่ต่างกันระหว่างกลุ่มทดลองที่เรียนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน และกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป มีรายละเอียดของขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนทั้งสองแบบดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน และการเรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป

การจัดการเรียนการสอน	
ตามรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน	วิธีการสอนแบบทั่วไป
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นและสนใจที่จะเรียนรู้ในหัวข้อใหม่หรือเรื่องใหม่ที่ผู้สอนนำเสนอ กระตุ้นให้ผู้เรียนตั้งคำถามหรือกำหนดประเด็นปัญหาที่จะศึกษา และยังเป็นการตรวจสอบความรู้ ประสบการณ์ต่างๆ ของผู้เรียน ทำให้ผู้สอนได้เรียนรู้มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของผู้เรียน 2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่ผู้เรียนจะมีโอกาสได้รับประสบการณ์ตรงจากการมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ต่างๆ ขั้นตอนนี้สืบเนื่องจากคำถามที่ผู้เรียนกำหนดขึ้นในขั้นแรก จากนั้นนำมาสู่การวางแผนและการออกแบบในการศึกษา แล้วดำเนินการทดลองสำรวจหรือศึกษาค้นคว้า เพื่อตรวจสอบสมมติฐานการคาดคะเนของตนเอง ซึ่งนำไปสู่การสร้างความคิดรวบยอดหรือการทำความเข้าใจปรากฏการณ์ที่ศึกษา ผู้สอนจะมีบทบาทในการชี้แนะประเด็นในการสังเกต 3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นที่ผู้สอนจะกระตุ้นให้ผู้เรียนทำความเข้าใจปรากฏการณ์ที่ศึกษา อธิบายความเป็นไปได้ของคำตอบหรือความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ หรือวิธีการแก้ปัญหา โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการสังเกต	1. ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสนใจในการเรียน หรือกำหนดประเด็นปัญหาที่จะศึกษา 2. ขั้นกิจกรรมการเรียนรู้ ผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยให้ผู้เรียนใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ค้นหาความรู้ด้วยตนเอง ผู้สอนให้ผู้เรียนนำเสนอผลการศึกษาและร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้ 3. ขั้นสรุป ผู้สอนนำอภิปรายโดยใช้คำถามเพื่อชักนำไปสู่ข้อสรุปและมโนทัศน์ที่สำคัญของเนื้อหาสาระ

ตารางที่ 4 (ต่อ)

การจัดการเรียนการสอน	
ตามรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน	วิธีการสอนแบบทั่วไป
และบันทึกไว้ เพื่อนำมาสู่ข้อสรุปของมโนทัศน์ในเรื่องนั้นๆ 4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นขยายมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้เชื่อมโยงกับมโนทัศน์อื่นที่ได้เรียนรู้ก่อนหน้านี้ รวมทั้งการเชื่อมโยงกับสิ่งรอบตัวของผู้เรียน เปรียบเสมือนการนำความรู้ไปใช้ เพื่อให้ผู้เรียนมีความเข้าใจในเรื่องที่เรียนมากขึ้น 5. ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นตอนในการประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียน โดยผู้สอนและผู้เรียนมีส่วนร่วมในการประเมิน และแทรกอยู่ในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอน	

4.1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจพิจารณาในด้านความตรง ความถูกต้องครบถ้วนและความสอดคล้องของจุดประสงค์ เนื้อหา กิจกรรมการเรียนการสอน การวัดและประเมินผลตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ตลอดจนความเหมาะสมของการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ในการพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้ผู้ทรงคุณวุฒิมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมสรุปได้ดังนี้

1) ในขั้นสร้างความสนใจในแผนสำหรับกลุ่มทดลอง ควรเน้นให้ผู้เรียนสร้างประเด็นปัญหาด้วยตนเองจากกิจกรรมย่อยๆ ที่ครูนำเสนอ
2) เพิ่มเติมคำถามในช่วงการอภิปรายหลังการทดลองเพื่อส่งเสริมการอธิบายและลงข้อสรุปของผู้เรียน
3) ควรใช้กิจกรรมที่มีความหลากหลายในแต่ละขั้นตอนเพื่อสร้างความน่าสนใจและท้าทายต่อการเรียน

4) กิจกรรมที่ใช้กับกลุ่มทดลองค่อนข้างมากเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม อาจต้องพิจารณาปรับกิจกรรมให้สอดคล้องกับเวลา

4.1.5 นำข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ จากนั้นนำแผนจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วจำนวนชุดละ 1 แผน ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่มีสภาพใกล้เคียงกับตัวอย่างประชากรเพื่อหาข้อบกพร่องของแผนจัดการเรียนรู้ แล้วนำมาปรับปรุงแก้ไขอีกครั้งเพื่อนำไปใช้ทดลองต่อไป

4.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

4.2.1 แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เป็นข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก ข้อสอบแต่ละข้อ มีเนื้อหาเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ทั่วไป โดยกำหนดสถานการณ์ปัญหา บทความ รูปภาพ หรือมีคำอธิบายประกอบ เพื่อเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหานั้น ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศในด้านแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์และวิธีการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์

2) กำหนดวัตถุประสงค์ในการสร้างแบบวัด โดยเป็นแบบวัดที่ใช้สำหรับวัดความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์แบบนิรนัยและอุปนัยของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่ใช้ในการวิเคราะห์สถานการณ์ หรือทำนายผล ซึ่งแบบวัดนี้จะใช้สำหรับทดสอบนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน

3) กำหนดลักษณะและเนื้อหาของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ โดยเป็นข้อสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ มีเนื้อหาเกี่ยวกับหน่วยของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของพืชและอาหารกับการดำรงชีวิต มีการกำหนดสถานการณ์ปัญหา บทความ รูปภาพ หรือมีคำอธิบายประกอบ เพื่อเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหานั้น อันจะนำไปสู่ข้อคำถาม นักเรียนต้องเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยเกณฑ์การให้คะแนนคือ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิดหรือไม่ตอบหรือตอบมากกว่า 1 ข้อ ให้ 0 คะแนน ใช้เวลาในการทดสอบ 50 นาที

4) นำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน (รายนามผู้ทรงคุณวุฒิในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความครอบคลุมของเนื้อหาและรูปแบบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบนิรนัยและอุปนัย ด้วยการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับการวัดความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ตามเนื้อหาสาระการเรียนรู้ ตลอดจนพิจารณาลักษณะการใช้คำถาม ตัวเลือก ความชัดเจนเหมาะสมของภาษาที่ใช้ จากนั้นคัดเลือกข้อคำถามที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) มากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 (Revinelli Hambleton, 1977 อ้างถึงในศิริชัย กาญจนวาสี, 2552: 239) แล้วนำมาแก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมีดังนี้

(1) ข้อคำถามทั้ง 40 รายการ มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมินมากกว่า 0.5 ทุกรายการ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง)

(2) ปรับตัวลวงในบางข้อให้ระบุถึงสถานการณ์ที่มีความเป็นไปได้ เพื่อให้มีความสามารถในการลวงที่ดีขึ้น

(3) เพิ่มเติมรายละเอียดหรือเงื่อนไขในคำถามบางข้อเพื่อให้เป็นข้อมูลที่เพียงพอต่อการนำไปคิดเชิงเหตุผล

(4) ข้อคำถามแต่ละข้อควรมีความสัมพันธ์กับเนื้อหาที่นักเรียนเรียน แต่ไม่เป็นเนื้อหาที่มีความเฉพาะเจาะจงและลึกเกินไป

5) นำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่แก้ไขปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ครั้งที่ 1 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์ มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม จำนวน 35 คน ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่าง แล้วนำผลที่ได้ มาตรวจให้คะแนน และวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบวัดโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์แบบสอบ (Test Analysis Program) เพื่อหาความเที่ยงของแบบวัด ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบรายข้อ

6) พิจารณาผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดและคุณภาพข้อสอบรายข้อแล้วทำการเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.20-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป และแก้ไขปรับปรุงข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกไม่เป็นไปตามเกณฑ์

7) นำแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่แก้ไขปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ครั้งที่ 2 กับนักเรียนกลุ่มเดิม นำผลที่ได้มาตรวจให้คะแนนและวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดด้วยโปรแกรมวิเคราะห์แบบสอบ (Test Analysis Program) เพื่อหาความเที่ยง

โดยเลือกใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.84 ผลการวิเคราะห์ข้อสอบรายข้อ พบว่า แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์มีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.20-0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ซึ่งเป็นเกณฑ์ที่นำไปใช้ได้ (รายละเอียดในภาคผนวก ง)

4.2.1 แบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบทดสอบอัตนัยซึ่งดัดแปลงมาจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance จำนวน 3 ข้อ โดยในแต่ละข้อมีเนื้อหาเกี่ยวกับหน่วยของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของพืชและอาหารกับการดำรงชีวิต โดยผู้วิจัยดำเนินการสร้างตามขั้นตอนดังนี้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศในด้านแนวคิด ทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และวิธีการวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จากการศึกษาผู้วิจัยอิงแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance (1965) เป็นแนวทางการสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ ประกอบด้วย 3 ด้าน คือ

1. ความคิดคล่อง (Fluency Thinking) หมายถึง หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการแสดงปริมาณความคิดในเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่ไม่ซ้ำกัน
2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility Thinking) หมายถึง ความสามารถของบุคคลในการแสดงความคิดที่จัดจำแนกได้หลากหลายประเภท
3. ความคิดริเริ่ม (Originality Thinking) ความสามารถของบุคคลในการแสดงความคิดที่แปลกใหม่ ไม่ซ้ำกับความคิดโดยทั่วไป

เกณฑ์การตรวจให้คะแนน มีดังนี้

1. คะแนนความคิดคล่อง พิจารณาจากคำตอบที่เป็นไปตามเงื่อนไขของคำถาม โดยให้คะแนนคำตอบละ 1 คะแนน ตามปริมาณคำตอบที่ไม่ซ้ำกัน
2. คะแนนความคิดยืดหยุ่น พิจารณาจากคำตอบที่เป็นไปได้ ซึ่งจะจัดกลุ่มหรือประเภทของคำตอบของนักเรียนแต่ละคนตามวิธีการคิดที่แตกต่างกันต่อสิ่งเร้าหรือเงื่อนไขที่กำหนดให้ โดยให้คะแนนคำตอบเป็นกลุ่มหรือประเภทละ 1 คะแนน

3. คะแนนความคิดริเริ่ม พิจารณาจากความถี่ของคำตอบของนักเรียนทั้งหมดที่เป็นความคิดแปลกแตกต่างไปจากธรรมดาในการตอบของกลุ่มตัวอย่าง โดยกำหนดให้คะแนนคำตอบตามความถี่ ดังนี้

จำนวนของคำตอบซ้ำ คิดเป็นร้อยละ 0-1.99 ให้ 2 คะแนน

จำนวนของคำตอบซ้ำ คิดเป็นร้อยละ 2-4.99 ให้ 1 คะแนน

จำนวนของคำตอบซ้ำ คิดเป็นร้อยละ 5 ขึ้นไป ให้ 0 คะแนน

คะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละข้อได้จากผลบวกของคะแนนความคิดคล่อง คะแนนความคิดยืดหยุ่น และคะแนนความคิดริเริ่ม สำหรับคะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหาได้จากผลบวกของคะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแต่ละข้อ

2) สร้างแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ให้สอดคล้องตามองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

3) นำแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ ตรวจพิจารณาความตรงเชิงโครงสร้าง เนื้อหา และความสามารถในการวัดความคิดสร้างสรรค์ในแต่ละองค์ประกอบ ตลอดจนความชัดเจนของภาษา ด้วยการพิจารณาความสอดคล้องระหว่างข้อคำถามกับการวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ตามเนื้อหาสาระการเรียนรู้ ซึ่งข้อคำถามทั้ง 4 รายการ มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิระหว่างรายการประเมินกับเกณฑ์การประเมินมากกว่า 0.5 ทุกรายการ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง) นำข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิปรับปรุงแก้ไขแบบวัด ให้ใช้ภาษาที่กระชับ ชัดเจน เข้าใจง่าย และท้าทายให้เกิดการคิดอย่างสร้างสรรค์

4) นำแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม จำนวน 35 คน ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่าง แล้วนำผลที่ได้มาตรวจให้คะแนน และวิเคราะห์หาค่าความเที่ยงของแบบวัดโดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ SPSS for Windows หาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-coefficient) ของ Cronbanch มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.85

5. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้พัฒนาขึ้นและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเองทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

5.1 ขั้นเตรียมการก่อนการทดลอง

1) สำหรับนักเรียนกลุ่มทดลอง ใช้เวลา 1 คาบ เพื่อแนะนำการเรียนตามรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5ขั้นตอน ในเรื่องลักษณะของรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน และบทบาทของนักเรียนในกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน

2) สำหรับนักเรียนกลุ่มควบคุม ทำการชี้แจงเพื่อทำความเข้าใจในการเรียนและสร้างความคุ้นเคยกับนักเรียน

3) ทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ใช้เวลา 70 นาที พบว่าค่าเฉลี่ยของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

5.2 ขั้นดำเนินการทดลอง

ผู้วิจัยดำเนินการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน กับนักเรียนกลุ่มทดลอง และใช้วิธีการสอนแบบทั่วไปกับกลุ่มควบคุม โดยใช้เวลาจัดการเรียนรู้ทั้งสิน 7 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 4 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที เริ่มตั้งแต่วันที่ 13 มกราคมถึง 28 กุมภาพันธ์ 2558

5.3 ขั้นหลังการทดลอง

ทดสอบความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบด้วยแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ใช้เวลา 70 นาที

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์และคะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มเปรียบเทียบมาวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยครั้งนี้ด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อการวิจัยทางสังคมศาสตร์ (Statistical Package for the Social Science: SPSS) โดยมีรายละเอียดดังนี้

6.1 ความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์

6.1.1 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติทดสอบ t-test independent

6.1.2 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้สถิติทดสอบ t-test dependent

6.1.3 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติทดสอบ t-test independent

6.1.4 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว One-way ANOVA

6.2 ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

6.2.1 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติทดสอบ t-test independent

6.2.2 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติทดสอบ t-test dependent

6.2.3 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้สถิติทดสอบ t-test independent

6.2.4 เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ โดยการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว One-way ANOVA

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ที่มีต่อความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

2.1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

2.2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

2.3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

2.4 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย

3.1 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

3.2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

3.3 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

3.4 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ตารางที่ 5 ข้อมูลทั่วไปของกลุ่มตัวอย่าง

ระดับความสามารถ	กลุ่มทดลอง		กลุ่มควบคุม	
ทางการเรียน	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
สูง	17	49	17	49
ปานกลาง	12	34	12	34
ต่ำ	6	17	6	17
รวม	35	100	35	100

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์

การวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ปรากฏตามตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าสถิติทดสอบค่าที (t-test) ของของคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวน (คน)	$\bar{x}$	SD	t-test	Sig.
กลุ่มทดลอง	35	21.22	6.00	-.041	.968
กลุ่มควบคุม	35	21.28	5.71		

จากตารางที่ 6 แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนระหว่างนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน และนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ปรากฏตามตารางที่ 7

ตารางที่ 7 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าที (t-test) ของคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวน (คน)	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t-test	Sig.
		$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD		
กลุ่มทดลอง	35	21.22	6.00	28.45	4.94	-19.004	.000*
กลุ่มควบคุม	35	21.28	5.71	24.65	6.13	-8.570	.000*

จากตารางที่ 7 แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ปรากฏตามตารางที่ 8

ตารางที่ 8 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าสถิติทดสอบค่าที (t-test) ของของคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวน (คน)	$\bar{x}$	SD	t-test	Sig.
กลุ่มทดลอง	35	28.45	4.94	2.855	.006*
กลุ่มควบคุม	35	24.65	6.13		

จากตารางที่ 8 แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ ปรากฏตามตารางที่ 9

ตารางที่ 9 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ

ระดับความสามารถทางการเรียน	จำนวน (คน)	$\bar{x}$	SD	F	Sig.
สูง	17	32.70	2.80	54.969	.000*
ปานกลาง	12	25.58	2.10		
ต่ำ	6	22.16	1.60		

จากตารางที่ 9 แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ โดยภาพรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงต้องตรวจสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ (Post Hoc) ดังรายละเอียดในตารางที่ 10

ตารางที่ 10 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ (Post Hoc) ของค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ

ระดับความสามารถทางการเรียน	$\bar{x}$	สูง	ปานกลาง	ต่ำ
สูง	32.70		.000*	.000*
ปานกลาง	25.58			.008*
ต่ำ	22.16			

จากตารางที่ 10 แสดงให้เห็นว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ เมื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูงกับนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลางแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูงกับนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของนักเรียนที่มีระดับ

ความสามารถทางการเรียนปานกลางกับนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่ำแตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

การวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ปรากฏตามตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าสถิติทดสอบค่าที (t-test) ของคะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวน (คน)	$\bar{x}$	SD	t-test	Sig.
กลุ่มทดลอง	35	81.34	12.55	.017	.986
กลุ่มควบคุม	35	81.28	15.13		

จากตารางที่ 11 แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนระหว่างนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน และนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ปรากฏตามตารางที่ 12

ตารางที่ 12 ผลการเปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย ($\bar{x}$) และค่าที (t-test) ของคะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวน (คน)	ก่อนเรียน		หลังเรียน		t-test	Sig.
		$\bar{x}$	SD	$\bar{x}$	SD		
กลุ่มทดลอง	35	81.34	12.55	122.83	20.91	-16.546	.000*
กลุ่มควบคุม	35	81.28	15.13	100.83	20.62	-12.246	.000*

จากตารางที่ 12 แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไปหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนระหว่างนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ปรากฏตามตารางที่ 13

ตารางที่ 13 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และค่าสถิติทดสอบค่าที (t-test) ของคะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนระหว่างกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

กลุ่มตัวอย่าง	จำนวน (คน)	$\bar{x}$	SD	t-test	Sig.
กลุ่มทดลอง	35	122.83	20.91	4.431	.000*
กลุ่มควบคุม	35	100.83	20.62		

จากตารางที่ 13 แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

การวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ ปรากฏตามตารางที่ 14

ตารางที่ 14 ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) และเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ

ระดับความสามารถทางการเรียน	จำนวน (คน)	$\bar{x}$	SD	F	Sig.
สูง	17	131.00	15.79	4.208	.024*
ปานกลาง	12	120.08	21.95		
ต่ำ	6	105.16	22.29		

จากตารางที่ 14 แสดงให้เห็นว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ โดยภาพรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงต้องตรวจสอบความแตกต่างเป็นรายคู่ (Post Hoc) ดังรายละเอียดในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์เปรียบเทียบรายคู่ (Post Hoc) ของค่าเฉลี่ยของคะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ

ระดับความสามารถทางการเรียน	$\bar{x}$	สูง	ปานกลาง	ต่ำ
สูง	131.00		.141	.008*
ปานกลาง	120.08			.130
ต่ำ	105.16			

จากตารางที่ 15 แสดงให้เห็นว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ เมื่อเปรียบเทียบเป็นรายคู่พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูงกับนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลางไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูงกับนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่ำแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลางกับนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่ำไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องผลของการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนที่มีต่อความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม มีวัตถุประสงค์ดังนี้

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน

2. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน และนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป

3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ระหว่างกลุ่มที่มีระดับความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ

4. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน

5. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน และนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป

6. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ระหว่างกลุ่มที่มีระดับความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำ

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม ที่ศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 70 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองได้รับการสอนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน และกลุ่มควบคุมได้รับการสอนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 ประเภท คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน และแผนการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป จำนวน 15 แผน 27 คาบเรียนเท่ากัน และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เก็บรวบรวมข้อมูลกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยวัดความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทาง

วิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งก่อนและหลังทดลอง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน สถิติทดสอบที (t-test) และวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบจำแนกทางเดียว (One-way ANOVA)

สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน และนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. นักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1.

2. นักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2.

3. นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ ได้คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน แตกต่างกัน โดยนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูงได้คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลางและต่ำ และนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลางได้คะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 3.

4. นักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้คะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 4.

5. นักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ได้คะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 5.

6. นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ ได้คะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน แตกต่างกัน โดยนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูงได้คะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทาง

วิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 6.

อภิปรายผลการวิจัย

การอภิปรายผลการวิจัยแยกเป็นประเด็นต่างๆ ดังต่อไปนี้

1. ผลของการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน พัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1 และ 2 ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุดังต่อไปนี้

รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน เป็นการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบสอบ (Inquiry Method) รูปแบบหนึ่ง พัฒนาขึ้นบนพื้นฐานของทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) ที่มีแนวคิดว่าการเรียนรู้เกิดขึ้นจากการที่ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง และมีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget's Theory of Cognitive Development) รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ประกอบด้วยกระบวนการสืบสอบ 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นประเมิน (Evaluation) ขั้นตอนดังกล่าวส่งเสริมให้นักเรียนใช้ทักษะการคิดอย่างมีเหตุผล กล่าวคือ

ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) นักเรียนได้ฝึกความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลแบบนิรนัยผ่านการตั้งสมมติฐาน โดยการนำความรู้และประสบการณ์เดิมมาใช้ในการตั้งสมมติฐาน สอดคล้องกับงานวิจัยของ Lawson (2009) ที่ศึกษาพบว่า การตั้งสมมติฐานและการทำนายผลล่วงหน้าของนักวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่อาศัยการให้เหตุผลแบบนิรนัย

ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) นักเรียนจะต้องทดสอบสมมติฐานด้วยการปฏิบัติการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์และสรุปผลเพื่อสร้างเป็นมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องนั้นๆ ในขั้นตอนนี้นักเรียนจะได้ฝึกความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลแบบนิรนัยและอุปนัย โดยการนำความรู้ที่เป็นกฎ หลักการ หรือทฤษฎีที่มีอยู่มาใช้ในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์กับข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและการทดลองเป็นการฝึกความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลแบบนิรนัย ส่วนการนำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและการทดลองมาใช้ในการอนุมานสู่ข้อสรุปของกลุ่มเป็นการฝึกความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลแบบอุปนัย ดังงานวิจัยของ Lawson (2009) ที่ศึกษาพบว่า

นักวิทยาศาสตร์อาศัยการให้เหตุผลแบบอุปนัยโดยการนำข้อมูลที่ได้จากการสำรวจตรวจ สอบมาใช้ในการลงข้อสรุป

ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) ในขั้นตอนนี้ นักเรียนจะได้ฝึกนำมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้แล้วซึ่งถือได้ว่าเป็นหลักการทั่วไป ไปอธิบายสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งถือได้ว่าเป็นเหตุการณ์เฉพาะหน่วยนั้น นับเป็นหลักการของการคิดอย่างมีเหตุผลแบบนิรัยนั่นเอง

ดังนั้นจะเห็นว่า การเรียนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน สอดคล้องกับ Lawson (1995) ที่กล่าวว่า การใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีความสอดคล้องกับแนวทางที่นักเรียนใช้ในการสร้างความรู้ นักเรียนมีโอกาสแสดงความคิดเห็น โต้แย้ง และทำการทดสอบความคิดเห็นของตนเอง ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างมโนทัศน์และการพัฒนาแบบแผนการให้เหตุผลด้วยตนเอง นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับผลงานวิจัยของ Saunders and Shepardson (1987), Marek and Methven (1991) และ Johnson and Lawson (1998) ที่พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ได้คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบบอกให้รู้หรือแบบบรรยาย งานวิจัยของจันทร์พร พรหมมาศ (2541) พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ได้คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป และงานวิจัยของเกรียงไกร อภัยวงศ์ (2548) ที่พบว่าการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบตั้งสมมติฐานนิรนัยทำ ให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าร้อยละ 60 และสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบทั่วไป

2. ผลของการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน พัฒนาความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบทั่วไป ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 4 และ 5 ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนตามขั้นตอนของรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน สอดคล้องกับกระบวนการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็นและสนใจที่จะเรียนรู้ในเรื่องใหม่ๆ โดยการใช้เทคนิคต่างๆ เช่น ใช้คำถาม การเล่าเรื่อง การสังเกตสิ่งที่เกี่ยวข้อง ชมวีดีทัศน์หรือจัดสถานการณ์ต่างๆ ให้นักเรียนเกิดความคิดจินตนาการ เพื่อเปิดโอกาส

ให้นักเรียนได้คิดประเด็นปัญหาที่จะศึกษาเอง ครูมีหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนแสดงความคิดสร้างสรรค์ออกมาอย่างเต็มที่ เปิดกว้างและให้อิสระทางความคิด ทำให้เกิดบรรยากาศที่นักเรียนกล้าแสดงความคิดเห็น อยากมีส่วนร่วมและผ่อนคลาย อันจะช่วยเพิ่มสมรรถนะของความคิดสร้างสรรค์ (Treffinger, 2004) ของนักเรียนได้ ครูกระตุ้นให้นักเรียนสามารถตั้งประเด็นปัญหาได้อย่างหลากหลาย ซึ่งเกิดจากความสงสัยหรือความสนใจหรือการอภิปรายร่วมกันของนักเรียนเอง หากนักเรียนยังไม่มีประเด็นที่น่าสนใจ ครูจะนำเสนอสื่อต่างๆ หรือกระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นก่อน นอกจากนี้ขั้นสร้างความสนใจยังเป็นการทบทวนความรู้หรือประสบการณ์เดิมของนักเรียนที่จำเป็นและต้องนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการสร้างสรรค์ประเด็นปัญหาใหม่ๆ ที่ต้องการค้นคว้าหาคำตอบและทดลองปฏิบัติ สอดคล้องกับแนวคิดของ National Advisory Committee (1999 cited in Price, 2006) และ Sheffield and Cruikshank (2000) ที่ระบุถึงลักษณะของงานที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดอย่างสร้างสรรค์ ควรเป็นงานที่นักเรียนได้ใช้ความรู้พื้นฐานที่เคยเรียนมาก่อน นำไปสู่การค้นพบความรู้ใหม่ๆ และเป็นงานที่น่าสนใจ เพื่อให้นักเรียนเกิดความกระตือรือร้นในการทำงาน

ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นของการวางแผนและการออกแบบศึกษาประเด็นปัญหาที่กำหนดขึ้นจากขั้นสร้างความสนใจ ครูจัดสถานการณ์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับสมาชิกในกลุ่ม มีการระดมสมอง (Brain Storming) เพื่อหาแนวทางในการแก้ปัญหา ซึ่งการระดมสมองจะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนคิดและแสดงความคิดเห็นโดยไม่มีการขัดจังหวะ มีอิสระในการคิด จากการที่นักเรียนได้ระดมสมองเป็นประจำและต่อเนื่องจะทำให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์สูงกว่าการทำกิจกรรมปกติ ดังเช่นผลงานวิจัยของกนกวรรณ บางภิภพ (2537) ที่พบว่าเด็กที่ได้รับการจัดประสบการณ์ระดมสมองมีความคิดสร้างสรรค์สูงกว่าเด็กที่ได้รับการจัดประสบการณ์แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 และ วิรัตน์ คุ้มคำ (2535) ยังศึกษาพบว่าคะแนนความคิดสร้างสรรค์หลังเรียนศิลปศึกษาของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนด้วยวิธีการระดมสมองสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 นอกจากนี้การคิดค้นหาวิธีการแก้ปัญหาให้มีความหลากหลาย เหมาะสมกับสภาพปัญหาที่มีอยู่ ทั้งยังมีคุณค่าและประโยชน์จะต้องใช้ทั้งความรู้หรือประสบการณ์เดิมและใช้ความคิดสร้างสรรค์ส่งเสริมกันอย่างเหมาะสม เมื่อนักเรียนได้ผ่านกระบวนการเหล่านี้จะทำให้เกิดการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ขึ้น เพราะความคิดสร้างสรรค์เป็นทักษะที่สามารถพัฒนาได้ในทุกระดับอายุและทุกสาขาอาชีพ (Anderson cited in ประภาวัลย์ แพร่วาณิชย์, 2543) ในส่วนของสถานการณ์ปัญหาที่กำหนดขึ้นนั้น มีลักษณะเป็นปัญหาปลายเปิดที่ท้าทาย สามารถหาแนวทางการแก้ปัญหาได้มากกว่า 1 วิธี ซึ่งสนับสนุนให้นักเรียนใช้ความคิดจินตนาการอย่างอิสระเพื่อหาแนวทางการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ สอดคล้องกับลักษณะของกิจกรรมที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความคิดสร้างสรรค์ของ Torrance (1973) และ Sheffield and

Cruikshank (2000) ที่กล่าวว่า กิจกรรมจะต้องมีลักษณะเปิดกว้าง โดยให้มีคำตอบที่ถูกต้องมากกว่า 1 คำตอบ หรือมีวิธีคิดคำตอบมากกว่า 1 วิธี เพื่อให้นักเรียนได้ใช้ความคิดสร้างสรรค์ และสอดคล้องกับงานวิจัยของธีรชัย เนตรถนอมศักดิ์ (2538) ที่ได้สังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ประเทศไทย ตั้งแต่ปี พ.ศ.2514-2536 พบว่า นักเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรมที่ให้อิสระทางความคิด จะทำให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์สูงกว่านักเรียนที่เข้าร่วมกิจกรรม

ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนทำความเข้าใจปรากฏการณ์ที่ศึกษา นำข้อมูลที่ได้จากการสังเกตและบันทึกไว้มาอธิบายความเป็นไปได้ของคำตอบหรือความสัมพันธ์ของสิ่งต่างๆ หรือวิธีการแก้ปัญหา เพื่อนำมาสู่ข้อสรุปที่ดี มีความริเริ่มทั้งแนวคิดและวิธีการในขั้นของการสรุปเป็นหลักการนามธรรมหรือหลักการทั่วไป

ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) นักเรียนจะต้องนำข้อสรุปหรือมโนทัศน์ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับมโนทัศน์อื่นที่ได้เรียนรู้ก่อนหน้านี้ รวมทั้งการเชื่อมโยงกับสิ่งรอบตัวของผู้เรียน เพื่อขยายแนวคิดไปยังสถานการณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวัน การเชื่อมโยงความคิดอย่างอิสระภายใต้ข้อสรุปหรือมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้ทำให้นักเรียนพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของตนเอง ดังแนวคิดของ Sheffield and Cruikshank (2000) ที่กล่าวว่า งานที่ให้นักเรียนได้ขยายความคิดและความสนใจไปสู่ความสัมพันธ์ของเนื้อหาใหม่ๆ จะทำให้นักเรียนได้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์

ขั้นประเมิน (Evaluation) ผู้สอนและผู้เรียนมีส่วนร่วมในการประเมิน โดยออกแบบการประเมินอย่างหลากหลาย เช่น การสังเกต การสัมภาษณ์ การทำโครงงาน แผนผังมโนทัศน์ การเขียนบันทึกการเรียนรู้ เป็นต้น ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ที่ อุษณีย์ โพธิ์สุข (2537) ได้เสนอไว้ว่า ครูต้องหลีกเลี่ยงการประเมินที่ซ้ำซากหรือเป็นทางการตลอดและสนับสนุนให้นักเรียนประเมินการเรียนรู้ด้วยตนเอง และประเมินร่วมกับครู

นอกจากนี้ จากการวิเคราะห์ขั้นตอนของรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน พบว่ามีขั้นตอนที่สอดคล้องกับกระบวนการคิดสร้างสรรค์ในลักษณะของกระบวนการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ที่เสนอโดย Torrence and Myers (อ้างถึงในอารี พันธ์มณี, 2537) และตั้งชื่อว่า การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ (Creative Problem Solving) ประกอบด้วยกระบวนการ 5 ขั้นตอนคือ 1. ขั้นแสวงหาความจริง (Fact Finding) เป็นการที่บุคคลรู้สึกเป็นทุกข์ มีความกังวลหรือสับวนวุ่นวายในจิตใจอันเนื่องมาจากปัญหาหรือสิ่งเร้าภายนอก หรืออาจเกี่ยวข้องกับความรู้สึกนึกคิดภายในตัวบุคคล 2. ขั้นทำความเข้าใจปัญหา (Problem-finding) เป็นการทำความกระช่างชัดในปัญหา โดยการพยายามอธิบาย ยกตัวอย่าง ทำความเข้าใจ แปลความหมาย มองหาปมของปัญหา กระบวนการเหล่านี้จะทำให้บุคคลสามารถทำความเข้าใจในปัญหาได้ 3. ขั้นตั้งสมมติฐาน (Idea-finding) เป็นการนำข้อมูลต่างๆ มาจัดระบบ ทำให้มองเห็นความเป็นไปได้ ความสัมพันธ์กันของข้อมูล เพื่อกำหนดทิศทางการ

ทำงานในขั้นต่อไป 4. ขั้นค้นพบคำตอบ (Solution-finding) เป็นการไล่เลียงคำตอบไปทีละขั้นตอนจากสมมติฐานที่กำหนดไว้ หากยังหาคำตอบไม่ได้จะต้องย้อนกลับไปจัดระบบความสัมพันธ์ในขั้นที่ 3 พร้อมกำหนดสมมติฐานใหม่ 5. ยอมรับผลการค้นพบ (Acceptance-finding) เป็นการใคร่ครวญคำตอบที่ได้เพื่อพิจารณาแนวทางการนำไปใช้ เพราะเมื่อแก้ปัญหาเรื่องใดเรื่องหนึ่งได้สำเร็จแล้ว บุคคลจะเกิดพลังกระตุ้นให้มีความคิดที่จะแก้ปัญหาใหม่ที่ท้าทายต่อไป ดังนั้น รูปการจัดการเรียนการสอน 5E จึงสามารถก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ได้เช่นเดียวกัน เนื่องจากมีลักษณะที่สอดคล้องกับลำดับวิธีการทำงานของสมองและจิตใจที่ก่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ในตัวบุคคล นอกจากข้อยืนยันที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ในการทดลองจัดกิจกรรมด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนนี้ นักเรียนจะถูกกระตุ้นด้วยคำถามที่ฝึกการคิดจินตนาการและสร้างสรรค์ในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนการสอน ซึ่งจะช่วยพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ สอดคล้องกับการศึกษาของ William (1972) ที่กล่าวว่า การสอนเพื่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์เป็นการสอนให้เด็กรู้จักคิด แสดงความรู้สึกและกล้าแสดงออก ครูสามารถกระตุ้นให้ผู้เรียนมีเหตุผล รู้จักใช้ความคิดอย่างอิสระและกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ด้วยการป้อนปัญหาจากคำถาม จึงเป็นการให้นักเรียนฝึกคิดเห็นอย่างหลากหลาย อีกทั้งมีงานวิจัยที่ให้ผลสอดคล้องกัน ดังเช่น สิวิตรี เครือใหญ่ (2548) ศึกษาการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสอบ โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิจารณญาณ คิดสร้างสรรค์ และคิดแก้ปัญหา พบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบสอบโดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน สามารถพัฒนาความคิดระดับสูงได้ดี สมบัติ กาญจนารักพงศ์ และคณะ (2549) ศึกษาเทคนิคการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนที่เน้นพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนมีทักษะการคิดขั้นสูงอยู่ในระดับดีทั้งภาพรวม

3. ความสามารถทางการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่างกัน

ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ มีคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 3. โดยนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูงมีคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลางและต่ำ และนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลางมีคะแนนความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่ำ ทั้งนี้เนื่องมาจากสาเหตุดังต่อไปนี้

ความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลเป็นปัจจัยสนับสนุนให้นักเรียนสร้างมโนทัศน์ในการเรียนรู้ที่ต้องอาศัยความเป็นเหตุเป็นผลและทำให้เกิดการเรียนรู้อย่างมีความหมาย นักเรียนที่มีความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลต่ำจะเกิดความยุ่งยากในการใช้หลักเหตุผลเชื่อมโยงมโนทัศน์เข้าด้วยกัน (Lawson and Renner, 1975) หรืออาจกล่าวได้ว่า การสร้างความเข้าใจในมโนทัศน์ทางการเรียนจะเกิดขึ้นได้ยากสำหรับนักเรียนที่ไม่ได้พัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล (William and Cavallo, 1995) นั่นเป็นเพราะการคิดอย่างมีเหตุผลซึ่งเป็นรูปแบบการคิดเชิงนามธรรมจะทำให้นักเรียนเห็นความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ต่างๆ สามารถเชื่อมโยงมโนทัศน์เดิมเข้ากับมโนทัศน์ใหม่อย่างมีความหมาย จนสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่และขยายผลไปยังสถานการณ์ที่มีความเกี่ยวข้องกันได้ เมื่อนักเรียนเกิดความเข้าใจมโนทัศน์ในลักษณะเช่นนี้ก็จะมีระดับความสามารถทางการเรียนสูงขึ้นด้วย ในทางกลับกัน นักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงก็ย่อมมีความสามารถคิดในเชิงเหตุผลสูงไปด้วย นอกเหนือไปกว่านั้น นักเรียนที่มีความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลสูงจะสามารถหาแนวทางพิสูจน์สมมติฐานที่ตั้งไว้ได้อย่างเหมาะสมและเอาชนะความเข้าใจมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนได้จากการเปรียบเทียบผลการพิสูจน์นั้น แต่นักเรียนที่มีความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลต่ำจะคาดการณ์สถานการณ์ภายใต้มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน ส่งผลให้เกิดความผิดพลาดในการเรียนรู้ (Lawson and Thompson, 1988)

ความสามารถทางการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์และระดับความสามารถทางการเรียนมีความสัมพันธ์กัน ดังงานวิจัยที่นักการศึกษาหลายท่านได้ศึกษาไว้ เช่น Cavallo (1996) ศึกษาเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางการคิดอย่างมีเหตุผลและความเข้าใจในการเรียนเรื่องพันธุศาสตร์ของนักเรียนเกรด 10 พบว่า ความสามารถทางการคิดอย่างมีเหตุผลสามารถทำนายผลสัมฤทธิ์ในการแก้ปัญหาทางพันธุศาสตร์ได้ในระดับสูง นั่นคือ นักเรียนที่มีความสามารถทางการคิดอย่างมีเหตุผลในระดับสูงจะมีผลสัมฤทธิ์ในการแก้ปัญหาทางพันธุศาสตร์ในระดับสูงด้วย Sungur and Tekkaya (2003) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถทางการคิดอย่างมีเหตุผลที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนรู้มโนทัศน์เรื่องระบบการหมุนเวียนโลหิตของมนุษย์ พบว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ Boujaude (2004) ศึกษาพบว่า นักเรียนที่มีความสามารถทางการคิดอย่างมีเหตุผลสูงจะมีความสามารถทางการเรียนในวิชาเคมีสูงกว่านักเรียนที่มีความสามารถทางการคิดอย่างมีเหตุผลต่ำ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Johnson and Lawson (1998), Lawson and Thompson (1988), William and Cavallo (1995), Oliva (2003) และ Yenilmez et al. (2006) ที่พบว่า ความสามารถทางการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์และระดับความสามารถทางการเรียนมีความสัมพันธ์กัน

4. **ความสามารถทางการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่างกัน**

ผลการวิจัยพบว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่างกัน เมื่อเรียนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน หลังทดลอง นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูงมีระดับความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่ำ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

เมื่อพิจารณาเปรียบเทียบความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ ของนักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน กับความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์พบว่าโดยภาพรวมแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานที่ตั้งไว้ว่า นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลาง ต่ำ มีคะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และเมื่อนำมาเปรียบเทียบความแตกต่างเป็นรายคู่ พบประเด็นดังนี้

กลุ่มตัวอย่างที่เรียนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอนมีความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เฉพาะกลุ่มที่ความสามารถทางการเรียนสูงกับกลุ่มที่ความสามารถทางการเรียนต่ำ ทั้งนี้เนื่องจาก ความคิดสร้างสรรค์เป็นทักษะทางการคิดพื้นฐานที่สำคัญต่อการเรียนรู้ ความคิดสร้างสรรค์ช่วยให้ผู้เรียนสามารถสร้างมโนทัศน์ ความรู้ความเข้าใจรวมถึงแนวคิดต่อประเด็นปัญหาในมุมมองที่แตกต่างออกไป จากงานวิจัยของ Mckinnon (1973 อ้างถึงใน ภัทรพร สิงห์ชัย, 2545) ได้สรุปยืนยันว่า ระดับสติปัญญาที่ค่อนข้างสูงจำเป็นสำหรับการสร้างสรรค์ แต่คนที่มีระดับสติปัญญาสูงที่สุด ไม่ได้หมายความว่าจะเป็นคนที่มีความคิดสร้างสรรค์มากที่สุดด้วย แต่ย่อมมีระดับสติปัญญาระดับหนึ่งที่จำเป็นสำหรับการสร้างสรรค์อย่างแน่นอน สอดคล้องกับ Gatzels and Jackson (1963 อ้างถึงใน ภัทรพร สิงห์ชัย, 2545) ศึกษาพบว่าบุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์สูงมักจะเป็นนักเรียนที่เรียนดี บุคคลที่มีความคิดสร้างสรรค์ต่ำมักจะเป็นนักเรียนที่เรียนอ่อน เนื่องจากนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงมีความรู้เดิมค่อนข้างสูง พร้อมที่จะรับความรู้ใหม่อยู่เสมอ เพื่อพัฒนา ปรับปรุงเข้ากับความรู้เดิมเพื่อให้มีความรู้เพิ่มมากขึ้นเรื่อยๆ จึงเป็นผลให้การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนสูงมีความแตกต่างอย่างชัดเจนจากนักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนต่ำ

อย่างไรก็ดีในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ส่งเสริมและกระตุ้นให้นักเรียนทุกคนฝึกคิดอย่างสร้างสรรค์ ฝึกการคิดรอบด้าน ไม่ยึดติดแนวความคิดเพียงด้านเดียว ไม่จำกัดกรอบความคิดไว้กับความเคยชิน เรียนรู้ที่จะปฏิบัติต่อแนวความคิดใหม่ๆ นำเสนอแนวความคิดอย่างไม่ลังเลเพราะการ

นำเสนอแนวความคิดไม่มีถูกหรือผิด ฝึกการระดมสมอง และพัฒนาตนเองให้ดีขึ้นกว่าเดิมด้วยวิธีการใหม่ๆ ด้วยวิธีการดังกล่าวทำให้นักเรียนทุกคนสามารถพัฒนาการคิดอย่างสร้างสรรค์ของตนเองได้เต็มที่ ไม่ว่าจะเป็นนักเรียนที่มีระดับความสามารถในการเรียนสูง ปานกลางและต่ำ และพบว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนสูงมีคะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลางและต่ำ และนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลางมีคะแนนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนต่ำ

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยดังกล่าว ผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำไปใช้

1. การจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน เป็นรูปแบบหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบสอบ (Inquiry Method) ที่เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง สามารถพัฒนาความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของผู้เรียนให้สูงขึ้นได้ ทั้งกลุ่มที่มีความสามารถทางการเรียนสูง ปานกลางและต่ำ ดังนั้น รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน จึงเป็นทางเลือกหนึ่งที่ผู้สอนสามารถนำไปใช้เพื่อส่งเสริมและพัฒนาทักษะการคิดของผู้เรียน ซึ่งการศึกษาการใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน เป็นอย่างดีจะช่วยให้ผู้สอนสามารถประยุกต์ใช้ในบริบทที่เหมาะสมและเกิดประสิทธิภาพสูงสุด

2. การใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ผู้สอนควรคำนึงถึงเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน การจัดสถานการณ์ที่สามารถกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนได้จริง มีการเสริมแรงให้ผู้เรียนปรับพฤติกรรมให้เหมาะสม เข้าใจในบทบาทและหน้าที่ของตนและของผู้เรียน และสร้างบรรยากาศที่ดีต่อการเรียนรู้

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

ศึกษาผลของการนำรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน ควบคู่ไปกับรูปแบบหรือเทคนิคต่างๆ เพื่อส่งเสริมและพัฒนาตัวแปรด้านอื่นๆ เช่น ความสามารถในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการแก้ปัญหา เป็นต้น

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กนกวรรณ บางภิภพ. 2537. ผลของการจัดประสบการณ์ด้วยการระดมสมองที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ของเด็กปฐมวัย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการปฐมวัย บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กีรติ บุญเจือ. 2547. ตรรกวิทยาและตรรกวิทยาสัญลักษณ์เบื้องต้น. กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เกรียงไกร อภัยวงศ์. 2548. ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

คณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, สำนักงาน. 2557. ประชุมเร่งรัดการยกระดับคุณภาพผู้เรียนสู่การประเมิน PISA. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.moe.go.th/websm/2014/mar/073.html[9 สิงหาคม 2557]

จันทร์พร พรหมมาศ. 2541. ผลการใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อสัมฤทธิผลและพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต. สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช. 2542. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ : กระบวนการพื้นฐานในการวิจัย. ใน จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช และสร้อยสน สกลรักษ์, ประมวลบทความการเรียนการสอนและการวิจัยระดับมัธยมศึกษา, หน้า 69-83 กรุงเทพมหานคร : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ฉวีวรรณ กินาวงศ์. 2527. วิทยาศาสตร์สำหรับครูประถมศึกษา. มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒพิษณุโลก.

ชัชชัย คุ้มทวีพร. 2539. ตรรกวิทยา. กรุงเทพฯ : มายด์ พับลิชชิ่ง.

ณัฏฐพงษ์ เจริญพิทย์. 2539. ทางเลือกในการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์: แนวคิดและแนวปฏิบัติ. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ดวงมล.

ทดสอบทางการศึกษา, สำนักงาน. 2552. สรุปสถิติคะแนน GAT-PAT 2552 ครั้งที่ 2 [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.tlcthai.com/webboard/view_topic.php?table_id=1&cate_id=121&post_id=27664[25 ธันวาคม 2559]

ทิศนา แขมมณีและคณะ. 2544. วิทยาการด้านการคิด. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์บริษัท เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมนเนจเม้นท์ จำกัด.

ทิศนา แขมมณี. 2545. การคิดและการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิด. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี.

ทิศนา แขมมณี. 2551. ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีรชัย เนตรถนอมศักดิ์. 2538. การสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ในประเทศไทย. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาการประถมศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ประภาวัลย์ แพร่วาณิชย์. 2543. การพัฒนารูปแบบการสอนโดยใช้แผนผังทางปัญญา เพื่อเพิ่มพูนความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ของนักศึกษาพยาบาล. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต สาขาวิชาการอุดมศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประสาร มาลากุล ณ อยุธยา. 2545. ความคิดสร้างสรรค์ พรสวรรค์ที่พัฒนาได้. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พิมพร วัฒนานนท์. 2539. การปรับแผนการสอนเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์เนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์กลุ่มสร้างเสริมประสบการณ์ชีวิต ชั้นประถมศึกษาปีที่ 5. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. 2545. การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ. (พว.).

ภพ เลาหไพบูลย์. 2537. แนวการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช.

ภัทรพร สิงห์ชัย. 2545. ปฏิสัมพันธ์ระหว่างช่วงการฝึกปฏิบัติประกอบบทเรียนวีดิทัศน์กับระดับความคิดสร้างสรรค์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนงานประดิษฐ์วิชากลุ่มการงานพื้นฐานและอาชีพของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิตภาควิชาโสตทัศนศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เลขาธิการสภาการศึกษา, สำนักงาน. 2550. การจัดการเรียนรู้แบบส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์. กรุงเทพฯ: สำนักงานเลขาธิการสภาการศึกษา

วิชาการม, กรม. 2540. แนวการจัดกิจกรรมและสื่อการเรียนการสอนระดับก่อนประถมศึกษา. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภา.

วิรัตน์ คุ้มคำ. 2534. การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่เรียนวิชาศิลปศึกษาด้วยกลวิธีระดมสมอง. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต สาขาวิชาศิลปศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริชัย กาญจนวาสี. 2552. ทฤษฎีการประเมิน. กรุงเทพฯ : สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศึกษาธิการ, กระทรวง. 2551. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมชนสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

สมบัติ การจนารักพงศ์ และคณะ. 2549. เทคนิคการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E ที่เน้นพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง: กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทย. กรุงเทพมหานคร: ธารอักษร.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. 2550. รูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนากระบวนการคิดระดับสูง วิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www.ipst.ac.th/biology/Bio-Articles/mag-content10.html

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. 2552. คุณภาพการเรียนรู้ของนักเรียนไทย สังเคราะห์การประเมินผลนักเรียนนานาชาติ PISA2006 และ TIMSS2007. กรุงเทพมหานคร: เซเว่น พริ้นติ้ง กรุ๊ป จำกัด.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. 2554. ผลการประเมิน PISA 2009 การอ่าน คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: อรุณการพิมพ์.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. 2556. ผลการประเมิน PISA2012 คณิตศาสตร์ การอ่านและวิทยาศาสตร์ บทสรุปสำหรับผู้บริหาร. กรุงเทพมหานคร: แอดวานซ์ พริ้นติ้ง เซอร์วิส จำกัด.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. 2556. สรุปผลการวิจัยโครงการ TIMSS 2011 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. กรุงเทพมหานคร: แอดวานซ์ พริ้นติ้ง เซอร์วิส จำกัด.

ส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้และคุณภาพเยาวชน, สำนักงาน. 2557. ดัชนีความสามารถในการแข่งขัน: ไอเอ็มดี (IMD) ปี 2014. [ออนไลน์]. แหล่งที่มา: http://www/qlf.or.th/Home/Contents/869[9 สิงหาคม 2557]

สันติชัย อนุวรชัย. 2553. ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. ปริญญาครุศาสตร์มหาบัณฑิต ภาควิชาหลักสูตรและการสอน บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม, โรงเรียน. 2553. หลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม พุทธศักราช 2553.

สาวิตรี เครือใหญ่. 2548. การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความคิดวิจารณญาณในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้กับการสอนที่เน้นการเรียนแบบร่วมมือ. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต ภาควิชาการมัธยมศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 2548.

สุนีย์ คล้ายนิล. 2521. เปีย์เจตกับแนวการให้การศึกษา. คุรุปริทัศน์ 5(พฤษภาคม): 13-18.

สุนีย์ เหมาะประสิทธิ์. 2543. แนวทฤษฎีสร้างสรรค์ความรู้ (Constructivism). สารานุกรมคณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สุรางค์ โค้วตระกูล. 2541. จิตวิทยาการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวัฒน์ นิยมค้า. 2551. ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้. กรุงเทพมหานคร: เจเนอรัลบุ๊คเซนเตอร์.

เสริมศรี ลักษณศิริ . 2540. หลักการสอน. กรุงเทพฯ: คณะครุศาสตร์ สถาบันราชภัฏพระนคร.

อารี พันธ์มณี. 2540. คิดอย่างสร้างสรรค์. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: เลิฟแอนด์เลิฟเพรส.

อารี รังสินันท์. 2532. ความคิดสร้างสรรค์. กรุงเทพมหานคร: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

อุดมลักษณ์ กุลพิจิตร. 2542. เอกสารประกอบการสอนวิชา 2717703 การจัดโปรแกรมการศึกษาและเลี้ยงดูเด็กสำหรับเด็กวัยทารกและวัยเตาะแตะ. สาขาการศึกษาปฐมวัย ภาควิชาประถมศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อุษณีย์ โพธิสุข. 2537. วิธีสอนเด็กปัญญาเลิศ. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒประสานมิตร.

ภาษาอังกฤษ

Anastasi, A. 1988. Psychology Testing. New York: Macmillan.

Anderson, R. D. and other. 1970. Developing Children's Thinking Through Science. Englewood Cliffs N.J.:Prentices Hall.

Boujaude, S., Salloum, S. and Khalick, F. 2004. Relationship between Selective Cognitive Variables and Students' Ability to Solve Chemistry Problems. International Journal of Science Education, 26, 63-84.

Bradford, A. 2015. Deductive Reasoning vs. Inductive Reasoning [online]. From Live Science Contributor. Web site: http://m.livescience.com/21569-deduction-vs-induction.html [2016, January 9]

Bybee, R., Taylor, J.A., Gardner, A., Van Scotter, P., Carlson, J., Westbrook, A., Landes, N. 2006. The BSCS 5E Instructional Model: Origins and Effectiveness. Colorado Springs, CO: BSCS.

Carin, A. A. 1993. Teaching Science Through Discovery. 7th ed. New York: Macmillan Publishing Company.

Chiappetta, E. L. 1997. Inquiry-Based Strategies and Technique for Encouraging Inquiry in the Classroom. The Science Teachers 64: 22-263.

Christopher, D. W., Joseph, A. T., Susan, M. K. and Janet, C. 2009. The Relative Effects and Equity of Inquiry-Based and Commonplace Science Teaching on Students Knowledge, Reasoning and Argumentation [online]. From Journal of Research in Science Teaching. Web site:http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/ tea. 20329/abstract.

De Bono, E. 1982. Lateral Thinking. A Textbook of Creativity. London: Penquin Book.

Friedler, Y., Nachmais, R., and Linn, M. C. 1990. Learning Scientific Reasoning Skills in Microcomputer-Based Laboratories. Journal of Research in Science Teaching 27: 173-191.

Good, C. V. 1945. Dictionary of Education. New York: McGrow-Hill.

Guilford, J.P. 1967. The Nature of Human Intelligence. New York: McGraw-Hill Book.

Inhelder, B. and Piaget, J. 1959. The Growth of Logical Thinking from Childhood to Adolescence. London: Routledge and Kegan Paul.

Johnson, M. A., and Lawson, A. E. 1998. What are the Relative Effects of Reasoning Ability and Prior Knowledge on Biology Achievement in Expository and Inquiry Class ?. Journal of Research in Science Teaching 35: 89 – 103.

Karplus, R., Their, H., Lawson, C., Knoll, R., & Montgomery, M. 1967. Science Curriculum Improvement Study. Chicago, IL: Rand McNally.

Karplus, R., and others. 1977. Science Teaching and the Development of Reasoning. Journal of Research in Science Teaching 14: 169 – 175.

Lawson, A. E. and Renner, J. W. 1975. Relationship of Concreat and Formal Operatinal Science Subject Matter and the Development Level of the Learner, Journal of Research in Science Teaching, 12, 347-358.

Lawson, A. E. 1985. A Review of Research on Formal Reasoning and Science Teaching. Journal of Research in Science Teaching 22: 569-617.

Lawson, A. E. 1991. Exploring Growth (Mitosis) Through a Learning Cycle. American Biology Teacher, 53, 107-110.

Lawson, A. E. 1995. Science Teaching and Developing of Thinking. Belmont: Wadsworth Publishing Company.

Lawson, A. E. 2001. Using the learning cycle to teach biology concepts and reasoning patterns. Journal of Biology Education 45: 165 – 169.

Lawson, A. E. 2009. Basic Inferences of Scientific Reasoning, Argumentation, and Discovery. International of Science Education. 25(11): 1387-1408.

Leighton, N. C. and Sternberg, R. G. 2004. The Nature of Reasoning. Cambridge, MA: Cambridge University Press.

Marek, E. E., and Methven, S.B. 1991. Effect of Learning Cycle upon Student and Classroom Teacher Performance. Journal of Research in Science Teaching. 28: 41-53.

McInerney, M.D. and McInerney, V. 1998. Educational Psychology: Constructing Learning. 2nd ed. Sydney: Prentice-Hall.

Mill, J. S. 1872. A System of Logic, Ratiocinative and Inductive 8th. London: Longmans.

Moravesik, M. J. 1981. Creative in Science Education. Science Education 65. (2): 221-225.

Musheno, B.V. and Lawson, A.E. 1999. Effects of Learning Cycle and Traditional Text on Comprehension of Science Concepts by Students at Differing Reasoning Levels. Journal of Research in Science Teaching, 36, 23-37.

Oliva, J. M. 2003. The Structural Coherance of Students' Conceptions in Mechanics and Conceptual Change. International Journal of Science Education. 25, 539-561.

Osborn. 1957. Applied Imagination. New York: Charles Scribner's Sons.

Osman, C., Musa, D., and Ozge, S. 2008. Effect of 5E Instructional Model in Student Success in Primary School 6th Year Circulatory System Topic. Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching. Research Web site: https://www.ied.edu.hk/apfslt/download/v9_issue2_files/cardak.pdf [2016, January 9]

Philip, A. and Weiping, H. 2002. A Scientific Creativity Test for Secondary School Students. International Journal of Science Education, 24, 389-403.

Piltz, A. and Sund, R. 1969. Creative Teaching of Science in Elementary School. Boston: Allyn and Bacon, Inc.

Pretage, S. 2002. Mathematics 11-16. In Haggarty, L. (ed.), Aspects of Teaching Secondary Mathematics: Perspectives on Practice, pp. 24-37. London: Routledge Falmer.

Pooja, W. 2012. Effect of 5E instructional model on mathematical creativity of students. Journal of Golden research thoughts 1, 1-4

Price, A. 2006. Creative Maths Activities for Able Students. London: Paul Chapman.

Renner, J. W., Abrahum, M.R., and Birnie, H. H. 1988. The Nessessity of Each Phase of Learning Cycle in Teaching High School Physics. Journal of Research in Science Teaching 25: 39-58.

Robertson, S. I. 1999. Type of Thinking. Grate Britain: TJ Florence Ltd.

Sandra, K. E. and Robert, E.Y. 2001. Assessing Student Understanding in Science. California: Crwin Press, Inc.

Santrock, J. W. 2006. Educational Psychology Classroom Update: Preparing for PRAXIS™ and Practice. 2nd ed. New York: McGraw=Hill.

Saunders, W. L., and Shepardson., D. 1987. A Comparison of Concrete and Formal Science Instruction upon Science Achievement and Researching Ability of Sixth Grade Students. Journal of Research in Science Teaching. 24, 39-57.

Sery, G., and Nuccetelli, S. 2008. How to Think Logically. United States: Pearson Education.

Sheffield, L. J. and Cruikshank, D. E. 2000. Teaching and Learning Elementary and Middle School Mathematics. 4th ed. New York: John Wiley and Sons.

Smiley, T. J. 1973. Journal of Philosophical Logic 2(1). 136-154.

Sun, R. B. and L. W. Trobridge. 1973. Teaching Science by Inquiry in the Secondary School. Ohio, Charles and Merrill Publishing, Co.

Tayebeh, T. and Fariba, H. 2013. Effectiveness of Structuralismteaching Method (5E) about Creativity [online]. From International Journal of Basic Science & Applied Research Web site: http://www.isicenter.org [2016, January 9]

Torrenc, E. P. 1962. Guiding Creative Talent. Englewood Cliffs, N.J.:Prentice Hall.

Taylor, C. W. 1964. Creativity: Progress and Potential. New York: McGraw-Hill Book.

Torrence, E.P. 1973. Encouraging Creativity in the Classroom. Lowa: WM. C. Brown.

Treffinger, D. J., Young, G., C., Nassab, C., W., and Witting, C., V. 2004. Talent Development: The Levels of Service Approach. Waco, TX: Prufrock Press.

Wallach, M. A. and Kogan N. 1965. Modes of Thinking in Young Children: A Study of the Creativity – Intelligence Distinction. New York: Holt, Rinehart and Winston.

William, F. E. 1972. A Total Creativity Program for Individualizing and Humanizing the Learning Process. Englewood Cliffs: Educational Technology Publication.

William, K. and Cavallo, A. M. L. 1995. Relationship between reasoning Ability, Meaningful Learning and Students' Understanding of Physics Concepts. Journal of College Science Teaching. 24, 311-314.

Yenilmez, A., Sungur, S. and Tekkaya, C. 2006. Students' Achievement in Relation to Reasoning Ability, Prior Knowledge and Gender. Research in Science & Technological Education, 24, 129-138.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน มีดังนี้

1. รองศาสตราจารย์ ดร.ธีระชัย ปูรณโชติ	อดีตหัวหน้าภาควิชามัธยมศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. รองศาสตราจารย์วีระชาติ สวนไพรินทร์	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชัยศักดิ์ ชั่งใจ	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้คณิตศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
4. รองศาสตราจารย์ศิลปชัย บูรณพานิช	หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
5. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชูชัย รัตนภิญโญพงษ์	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
6. อาจารย์ธาริณี วิทยาอนิวรรตน์	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม
7. อาจารย์น้ำผึ้ง ศุภอุทุมพร	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์
2. แบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

แบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์
เรื่อง หน่วยของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของพืชและอาหารกับการดำรงชีวิต

คำชี้แจง

1. แบบวัดชุดนี้มีทั้งหมด 18 หน้า จำนวน 40 ข้อ
   คะแนนเต็ม 40 คะแนน เวลาที่ใช้ในการสอบ 50 นาที
   แบบวัดแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้
   ตอนที่ 1 การคิดหาเหตุผลแบบนิรนัยจำนวน 20 ข้อ (ข้อ 1-20) หน้า 2-11
   ตอนที่ 2 การคิดหาเหตุผลแบบอุปนัยจำนวน 20 ข้อ (ข้อ 21-40) หน้า 12-18
2. ข้อสอบทุกข้อเป็นแบบเลือกตอบ 4 ตัวเลือก ให้นักเรียนอ่านคำถามให้เข้าใจแล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย × ให้ตรงกับตัวอักษรที่เลือกลงในกระดาษคำตอบ ตัวอย่างเช่น

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1	×			
2				

3. ถ้านักเรียนต้องการเปลี่ยนแปลงคำตอบ ให้ขีดฆ่าคำตอบเดิมก่อนเป็น ≍ แล้วทำเครื่องหมาย × ลงในช่องคำตอบใหม่ เช่น

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1	≍		×	
2				

4. ห้ามขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใดๆ ลงในแบบวัดฉบับนี้ ให้ขีดเขียนในกระดาษทดที่แจกให้เท่านั้น
5. ให้นักเรียนส่งแบบวัดและกระดาษคำตอบคืนผู้คุมสอบ เมื่อครบเวลาที่กำหนด

2. ถ้าร่างกายไม่มีภูมิต้านทานโรคแล้วจะเจ็บป่วยได้ง่าย นายกิตติภพพบว่าตนเองเจ็บป่วยง่าย แสดงว่า
   ก. นายกิตติภพไม่ได้รับประทานลูกยอ
   ข. นายกิตติภพไม่ได้ดูแลสุขภาพร่างกายให้ดี
   ค. ร่างกายของนายกิตติภพไม่มีภูมิต้านทานโรค
   ง. ร่างกายของนายกิตติภพอาจมีภูมิต้านทานโรคต่ำ

3. ถ้าร่างกายมีปริมาณเม็ดเลือดขาวต่ำจะมีผลกระทบต่อการกำจัดเชื้อโรคในร่างกาย และถ้าร่างกายมีปริมาณเม็ดเลือดขาวต่ำจะมีผลกระทบต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง ดังนั้น
   ก. ถ้าร่างกายมีปริมาณเม็ดเลือดขาวต่ำจะทำให้เป็นโรคมะเร็ง
   ข. ถ้าร่างกายมีปริมาณเม็ดเลือดขาวต่ำจะมีผลกระทบต่อการกำจัดเชื้อโรคในร่างกายและจะมีผลกระทบต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง
   ค. ถ้าร่างกายมีปริมาณเม็ดเลือดขาวต่ำจะมีผลกระทบต่อการกำจัดเชื้อโรคในร่างกายหรือจะมีผลกระทบต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง
   ง. ถ้าร่างกายมีปริมาณเม็ดเลือดขาวต่ำจะมีผลกระทบต่อการกำจัดเชื้อโรคในร่างกาย แต่ไม่มีผลต่อการยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็ง

4. “เม็ดเลือดขาวสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งไม่ให้ลุกลาม แต่ไม่ได้รักษามะเร็ง” ลูกยอมีสารกระตุ้นการสร้างเม็ดเลือดขาว ดังนั้น
   ก. ลูกยอรักษามะเร็ง
   ข. ลูกยอไม่ได้รักษามะเร็ง
   ค. ลูกยอสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งไม่ให้ลุกลาม
   ง. ลูกยอสามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งไม่ให้ลุกลาม แต่ไม่ได้รักษามะเร็ง

จงอ่านบทความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 5-8

หนุนเกษตรกรไทยใช้ปุ๋ยชีวภาพ

สร้างผลผลิตแก้วิกฤติเศรษฐกิจ

ท่ามกลางต้นทุนการผลิตที่สูงขึ้นอย่างต่อเนื่องโดยเฉพาะราคาปุ๋ยเคมี อีกทั้งกระแสของผู้บริโภคที่คำนึงถึงเรื่องสุขภาพและความปลอดภัยมากขึ้น ทำให้เกษตรกรในอำเภอศรีมหาโพธิ์ จังหวัดปราจีนบุรี ซึ่งมีอาชีพปลูกผักและทำนาข้าวได้ปรับเปลี่ยนวิธีการจัดการโดยการเน้นใช้ปุ๋ยชีวภาพ ที่มีความปลอดภัย รักษาสิ่งแวดล้อมและมีต้นทุนต่ำ

นายวิวัฒน์ชัย ชำนิ เกษตรกรปลูกผักกินใบ เล่าว่า ตนปลูกผักกินใบ อาทิ ใบโหระพา ยี่หร่า แมงลัก กะเพรา มานานกว่า 3 ปีแล้ว ที่ผ่านมามีผลตอบแทนจากการปลูกผักดีมาก สำหรับการปลูกผักกินใบนั้นหลักสำคัญคือห้ามมีสารเคมีตกค้างไปถึงผู้บริโภค ยิ่งเรื่องปุ๋ยต้องให้ความสำคัญ เราจะเน้นปุ๋ยชีวภาพมากกว่าปุ๋ยเคมีเพราะจะมีการรักษาดินได้ดีกว่า

หลักสำคัญในการปลูกผักให้ได้ผลดีคือ ต้องปรับโครงสร้างดินให้ดีมีความสมบูรณ์ตามธรรมชาติ ใส่ปุ๋ยคอกจากมูลวัว จากนั้นไถกลบ ทำปีละประมาณ 2-3 ครั้ง และใส่ภูไมท์ด้วย ซึ่งจะทำให้สภาพดินดีขึ้น มีหลักสังเกตง่าย ๆ คือหากดินดีจริงจะมีไส้เดือนอยู่ และอีกอย่างที่สำคัญคือความอดทน เพราะในปีแรก ๆ ผักจะไม่งามเท่าที่หวังไว้แต่ในปีถัดไปจะมีความงามมากยิ่งขึ้น ซึ่งสิ่งหนึ่งที่ทำให้ผลผลิตดีคือการใช้ปุ๋ยชีวภาพแทนปุ๋ยเคมี วิธีการปลูกมีหลักง่าย ๆ โดยนำยอดพันธุ์ปักลงดิน การปลูกแบบปักยอดนี้จะมีอัตรารอดร้อยละ 90 หลังจากนั้นประมาณ 20 วัน สามารถเก็บยอดได้ การเก็บยอดจะใช้มือหักโคนกิ่งโดยให้มียอดเหลือเพื่อให้แตกใหม่ต่อไป

หนังสือพิมพ์เดลินิวส์ ฉบับวันที่ 24 ตุลาคม 2551

5. ถ้าการใช้ปุ๋ยชีวภาพในการเกษตรไม่ก่อให้เกิดสารเคมีตกค้างในดิน และสารเคมีที่ตกค้างในดินก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม ดังนั้น
   ก. การใช้ปุ๋ยชีวภาพในการเกษตรไม่ก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
   ข. การใช้ปุ๋ยเคมีในการเกษตรก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อม
   ค. ปัญหาสิ่งแวดล้อมส่วนใหญ่เกิดจากการใช้สารเคมีปนเปื้อนในสิ่งแวดล้อม
   ง. การใช้ปุ๋ยชีวภาพในการเกษตรอาจก่อให้เกิดผลกระทบต่อสิ่งแวดล้อมหรือไม่ก็ได้

6. การปลูกผักจะได้ผลผลิตดีก็ต่อเมื่อเราได้ทำการปรับโครงสร้างดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติ บุญยืนปลูกผักได้ผลผลิตไม่ดี แสดงว่า
   ก. บุญยืนไม่ได้ใส่ปุ๋ยเคมีหรือปุ๋ยชีวภาพลงในดิน
   ข. บุญยืนไม่ได้ทำการปรับโครงสร้างดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติ
   ค. บุญยืนไม่ได้ทำการปรับโครงสร้างดินให้มีความอุดมสมบูรณ์ตามธรรมชาติอย่างสม่ำเสมอ
   ง. บุญยืนอาจทำการปรับโครงสร้างดินหรือไม่ได้ปรับโครงสร้างดินก็ได้

7. ปุ๋ยชีวภาพทุกชนิดจะรักษาสภาพดิน ปุ๋ยชีวภาพบางชนิดมีต้นทุนการผลิตต่ำ ดังนั้น
   ก. ปุ๋ยชีวภาพทุกชนิดจะรักษาสภาพดิน
   ข. ปุ๋ยชีวภาพทุกชนิดมีต้นทุนการผลิตต่ำ
   ค. ปุ๋ยชีวภาพบางชนิดทั้งรักษาสภาพดินและมีต้นทุนการผลิตต่ำ
   ง. ปุ๋ยชีวภาพบางชนิดรักษาสภาพดินและบางชนิดมีต้นทุนการผลิตต่ำ

8. “การปลูกผักให้ได้ผลดีจะต้องปรับโครงสร้างดินให้ดีและใส่ภูไมท์ด้วย” สุธีปลูกผักได้ผลดี แสดงว่า
   ก. สุธีปรับโครงสร้างดินให้ดี
   ข. สุธีใส่ภูไมท์ลงในดินด้วย
   ค. สุธีปรับโครงสร้างดินให้ดีและใส่ภูไมท์ด้วย
   ง. สุธีปรับโครงสร้างดินให้ดีแต่อาจใส่ภูไมท์หรือไม่ใส่ภูไมท์ก็ได้

จงอ่านบทความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 9-12

คุณค่าของผักพื้นบ้าน

ผักพื้นบ้าน คือ พรรณพืชพื้นบ้านในท้องถิ่น ชาวบ้านนำมาบริโภคเป็นอาหารที่นอกจากจะมีคุณค่าทางโภชนาการแล้ว ส่วนใหญ่ยังมีสรรพคุณเป็นยาสมุนไพร เนื่องจากมีรสยาที่หลากหลายอยู่ในผักพื้นบ้าน เช่น **รสฝาด** : ช่วยสมานแผล แก้ท้องร่วง บำรุงธาตุในร่างกาย **รสหวาน** : ช่วยให้การดูดซึมดีขึ้น ทำให้ชุ่มชื้น บำรุงกำลัง แก้อ่อนเพลีย **รสเผ็ดร้อน** : แก้ท้องอืด แก้ลมจุกเสียด ขับลม บำรุงธาตุ **รสเปรี้ยว** : ขับเสมหะ ช่วยระบาย **รสหอมเย็น** : บำรุงหัวใจ ทำให้สดชื่น แก้อ่อนเพลีย **รสมัน** : บำรุงเส้นเอ็น เป็นยาอายุวัฒนะ **รสขม** : บำรุงโลหิต เจริญอาหาร ช่วยระบาย

นอกจากคุณค่าทางยาแล้ว ผักพื้นบ้านยังมีสารแอนตี้ออกซิแดนท์ช่วยป้องกันการเกิดโรคต่างๆ ได้ เช่น โรคมะเร็ง โรคความดันโลหิตสูง โรคเบาหวาน สร้างภูมิต้านทานให้กับร่างกาย สารสำคัญในผักพื้นบ้านที่สามารถป้องกันการเกิดโรคต่างๆ ได้แก่ สารเบต้าแคโรทีน ซึ่งพบในผักใบเขียวจัดๆ เช่น ใบชะพลู ใบตำลึง ใบบัวบก ใบแมงลัก ใบกระเพรา ใบยอ นอกจากนี้ยังพบในผลไม้ที่มีสีเหลือง เช่น มะละกอสุก ฟักทอง มะปราง

นอกจากสารเบต้าแคโรทีนแล้ว ในผักสดยังพบว่ามีวิตามินซีสูง ซึ่งวิตามินซีมีบทบาทในการสร้างภูมิต้านมะเร็ง คือ เป็นสารต้านอนุมูลอิสระ สามารถปกป้องเซลล์ในร่างกายจากการเป็นมะเร็ง อีกทั้งยังช่วยเพิ่มความแข็งแรง และเพิ่มประสิทธิภาพของการทำงานของเม็ดเลือดขาวได้

วัฒนธรรมพื้นบ้านของคนไทยตั้งแต่สมัยโบราณ มักจะเก็บผักพื้นบ้านจากริมรั้ว จากป่า ไร่นา หรือสวน เป็นผักสดๆ มาประกอบเป็นอาหาร ผักยิ่งสดเท่าไรก็ยิ่งมีวิตามินซีสูง แต่ผักบางชนิดการรับประทานสดอาจจะเป็นอันตราย ก็จะนำมาลวก ต้ม ตามภูมิปัญญาดั้งเดิม

การดูแลสุขภาพของตนเองด้วยวิธีธรรมชาติ การรับประทานผักพื้นบ้านที่ปลอดสารพิษหรือปลูกผักไว้รับประทานกันเองในครัวเรือน นอกจากจะช่วยป้องกันการเกิดโรคต่างๆ แล้วยังช่วยประหยัด และช่วยสร้างสิ่งแวดล้อมที่ดีให้กับชุมชนอีกด้วย

http://www.samunpri.com

9. ถ้าผักพื้นบ้านที่มีรสขมเป็นสมุนไพรช่วยบำรุงโลหิต เจริญอาหาร ช่วยระบาย มะระขี้นกเป็นผักพื้นบ้านที่มีรสขม ดังนั้น

ก. มะระขี้นกเป็นสมุนไพรช่วยบำรุงโลหิต เจริญอาหาร ช่วยระบาย

ข. มะระขี้นกอาจเป็นสมุนไพรช่วยบำรุงโลหิต เจริญอาหาร ช่วยระบาย

ค. สารที่สกัดจากมะระขี้นกเป็นองค์ประกอบสำคัญของเม็ดเลือดแดง

ง. ขี้เหล็กก็เป็นสมุนไพรช่วยบำรุงโลหิต เจริญอาหาร ช่วยระบาย ได้เช่นกัน

10. อาการท้องอืด จุกเสียด แน่นท้อง บรรเทาได้ก็ต่อเมื่อรับประทานผักพื้นบ้านและผักพื้นบ้านนั้นต้องมีรสเผ็ดร้อน แพรวพลอยรับประทานผักพื้นบ้านแต่ยังมีอาการท้องอืด จุกเสียด แน่นท้อง แสดงว่า
    ก. ผักพื้นบ้านที่แพรวพลอยรับประทานไม่มีประโยชน์
    ข. ผักพื้นบ้านที่แพรวพลอยรับประทานมีรสเผ็ดร้อนน้อยไป
    ค. ผักพื้นบ้านที่แพรวพลอยรับประทานไม่มีรสเผ็ดร้อน
    ง. แพรวพลอยรับประทานผักพื้นบ้านในปริมาณน้อย

11. ถ้าฉันรับประทานผักพื้นบ้านที่มีสารเบต้าแคโรทีนร่างกายของฉันก็จะสร้างภูมิต้านทานโรคได้ และถ้าร่างกายของฉันสร้างภูมิต้านทานโรคได้ร่างกายของฉันก็จะไม่เป็นโรคได้ง่าย ดังนั้น
    ก. ร่างกายของฉันจะสร้างภูมิต้านทานโรคได้ เมื่อฉันรับประทานผักพื้นบ้านปริมาณมาก
    ข. สารเบต้าแคโรทีนช่วยป้องกันโรคภัยไข้เจ็บและจะพบเฉพาะในผักพื้นบ้าน
    ค. ถ้าร่างกายของฉันได้รับสารเบต้าแคโรทีนร่างกายของฉันก็จะมีภูมิต้านทานโรคและไม่เป็นมะเร็ง
    ง. ถ้าฉันรับประทานผักพื้นบ้านที่มีสารสารเบต้าแคโรทีนแล้ว ร่างกายของฉันก็จะไม่เป็นโรคได้ง่าย

12. ผักสดบางชนิดมีสารเบต้าแคโรทีน ผักสดทุกชนิดมีวิตามินซี ดังนั้น
    ก. ผักสดที่มีวิตามินซี จะมีสารเบต้าแคโรทีนด้วย
    ข. ผักสดบางชนิดที่มีสารเบต้าแคโรทีนจะมีวิตามินซีด้วย
    ค. ผักสดทุกชนิดมีทั้งสารเบต้าแคโรทีนและวิตามินซี
    ง. ผักสดบางชนิดมีสารเบต้าแคโรทีน และบางชนิดมีวิตามินซี

13. ถ้าในหัวกลอยมีสารพิษที่มีผลต่อระบบประสาทส่วนกลาง และระบบประสาทส่วนกลางมีผลต่อการใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5 ดังนั้น
    ก. หัวกลอยมีสารพิษที่มีผลต่อการใช้ประสาทสัมผัสทั้ง 5
    ข. ในหัวกลอยมีสารพิษที่ทำลายเซลล์ประสาทส่วนกลาง
    ค. การไม่รับประทานหัวกลอยช่วงหน้าร้อนทำให้ระบบประสาทส่วนกลางทำงานได้ดี
    ง. คนที่รับประทานกลอยที่มีสารพิษเข้าไปจึงมักมีอาการคันที่ปาก ลิ้น คอ คลื่นไส้ อาเจียน

14. “สิ่งที่ประชาชนพึงระวังคือไม่ควรรับประทานกลอยในช่วงฤดูฝน” ขณะนี้เป็นช่วงฤดูฝน ดังนั้น
    ก. ไม่ควรรับประทานกลอย
    ข. ควรหันมารับประทานกลอยในช่วงฤดูร้อน
    ค. ควรรับประทานกลอยในปริมาณไม่มากจนเกินไป
    ง. ควรเก็บหัวกลอยไว้อย่างน้อย 3 เดือนเพื่อให้สารไดออสคอรีนสลายตัวไป

15. “การรับประทานกลอยอย่างปลอดภัยจะต้องนำกลอยมาผ่านขั้นตอนการกำจัดสารพิษและนำไปทำให้สุกเสียก่อน” ชัยวัฒน์รับประทานกลอยแล้วเกิดอาการเป็นพิษ แสดงว่า
    ก. ชัยวัฒน์มีภูมิต้านทานโรคต่ำ
    ข. ชัยวัฒน์รับประทานกลอยในช่วงฤดูฝน
    ค. ชัยวัฒน์นำกลอยไปกำจัดสารพิษแล้วแต่ไม่ได้นำกลอยไปทำให้สุกเสียก่อน
    ง. ชัยวัฒน์ไม่ได้นำกลอยไปกำจัดสารพิษและไม่ได้นำกลอยไปทำให้สุกเสียก่อน

16. “กลอยจะมีพิษมากในช่วงที่กลอยออกดอก คือช่วงหน้าฝนประมาณเดือนสิงหาคม-ตุลาคม” ขณะนี้เป็นเดือนกันยายน ดังนั้น
    ก. กลอยจะมีพิษน้อยกว่าเดือนสิงหาคม
    ข. กลอยจะออกดอกเป็นจำนวนมาก
    ค. กลอยจะออกดอกและมีพิษมาก
    ง. สามารถรับประทานกลอยได้

จงอ่านบทความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 17-20

การออกกำลังเพื่อสุขภาพหัวใจ

เมื่อคนเราเกิดมาหัวใจจะมีความแข็งแรงเหมือนกัน แต่เมื่อเวลาผ่านไปผู้ที่มีกรรมพันธุ์ที่ดีจะมีโอกาสเกิดโรคหัวใจน้อย สำหรับผู้ที่มีพันธุกรรมต่อโรคหัวใจและยังมีพฤติกรรมเสี่ยงต่อโรคหัวใจจะมีโอกาสเป็นโรคหัวใจมาก

สำหรับท่านที่คิดจะเริ่มต้นออกกำลังกาย แต่ไม่รู้ว่าจะออกกำลังกายอย่างไรดี นานแค่ไหน นักวิจัยจากประเทศอเมริกาพบว่าการออกกำลังกายวันละ 15 นาทีวันละหลายครั้งมีประโยชน์พอๆ กับการออกกำลังกายอย่างหนัก โดยการออกกำลังแต่ละครั้งพยายามให้หัวใจเต้นได้ตามกำหนด นักวิจัยพบว่าการออกกำลังการอย่างหนักเช่น การวิ่ง การว่ายน้ำ การเล่นเทนนิส การเต้นแอโรบิคจะลดอัตราการเกิดโรคหัวใจ 20% ส่วนการออกกำลังกายปานกลาง เช่น การเล่นกอล์ฟ การเดิน การทำงาน การเต้นรำ จะลดการเกิดโรคหัวใจ 10% ทั้งนี้เนื่องจากการออกกำลังกายจะทำให้ร่างกายสร้าง HDL ซึ่งป้องกันโรคหัวใจ

http://www.siamhealth.net

17. “ผู้ที่มีพันธุกรรมต่อโรคหัวใจและมีพฤติกรรมเสี่ยงต่อโรคหัวใจ จะเป็นโรคหัวใจ” นายพสิษฐ์เป็นโรคหัวใจ แสดงว่า
    ก. นายพสิษฐ์ออกกำลังกายน้อยเกินไป
    ข. บิดาและมารดาของนายพสิษฐ์เป็นโรคหัวใจ
    ค. นายพสิษฐ์ชอบสูบบุหรี่และดื่มเครื่องดื่มแอลกอฮอล์
    ง. นายพสิษฐ์มีพันธุกรรมต่อโรคหัวใจและมีพฤติกรรมเสี่ยงต่อโรคหัวใจ

18. ถ้าการออกกำลังกายทำให้ร่างกายสร้าง HDL และ HDL ป้องกันโรคหัวใจ ดังนั้น
    ก. การออกกำลังกายช่วยลดอัตราการสร้าง LDL
    ข. คนที่ไม่ออกกำลังกายจะมี LDL มากกว่า HDL
    ค. การออกกำลังกายป้องกันโรคหัวใจ
    ง. การออกกำลังกายทำให้หัวใจสร้าง HDL

19. อัตราการเกิดโรคหัวใจจะลดลง 20% ก็ต่อเมื่อได้ออกกำลังกายอย่างหนัก ถ้าวัลลดาออกกำลังกายปานกลางด้วยการเต้นรำ ดังนั้น
    ก. อัตราการเกิดโรคหัวใจของวัลลดาจะลดลง 20%
    ข. อัตราการเกิดโรคหัวใจของวัลลดาจะลดลงไม่ถึง 20%
    ค. อัตราการเกิดโรคหัวใจของวัลลดาจะลดลงมากกว่า 20%
    ง. วัลลดาจะไม่เป็นโรคหัวใจ

20. “ถ้าการออกกำลังกายวันละ 15 นาที วันละหลายครั้งมีประโยชน์พอๆ กับการออกกำลังกายอย่างหนัก” ภัทรภณออกกำลังกายวันละ 15 นาที แสดงว่า
    ก. การออกกำลังกายของภัทรภณไม่มีประโยชน์
    ข. การออกกำลังกายของภัทรภณมีประโยชน์พอๆ กับการออกกำลังกายอย่างหนัก
    ค. การออกกำลังกายของภัทรภณมีประโยชน์น้อยกว่าการออกกำลังกายอย่างหนัก
    ง. การออกกำลังกายของภัทรภณมีประโยชน์มากกว่าการออกกำลังกายอย่างหนัก

ตอนที่ 2 **การคิดหาเหตุผลแบบอุปนัย**

<u>คำสั่ง</u> ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องและสมเหตุสมผลที่สุดเพียงคำตอบเดียว

21. ดอกครบส่วน: ดอกบัว ดอกชบา ดอกกุหลาบ ดอกอัญชัน .....
ข้อความในช่องว่างควรเป็นข้อใด
ก. ดอกต้อยติ่ง ข. ดอกมะละกอ
ค. ดอกตำลึง ง. ดอกฟักทอง

22. การสืบพันธุ์ของพืชในข้อใดต่างจากพวก
ก. การปักชำ ข. การปฏิสนธิ
ค. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ง. การตอนกิ่ง

23. พารามีเซียม : ซูโดโปเดียม
ยูกลีนา : .....
ข้อความในช่องว่างควรเป็นข้อใด
ก. อะมีบา ข. นิวเคลียส
ค. คลอโรพลาสต์ ง. แฟลกเจลลัม

24. การลำเลียงอาหาร : โฟลเอม
การคายน้ำ : .....
ก. ไซเลม ข. แอกทีฟทรานสปอร์ต
ค. ปากใบ ง. ออสโมซิส

จงใช้ข้อมูลที่กำหนดให้ตอบคำถามข้อ 27-30

> การทดลองเพาะเมล็ดพืชชนิดหนึ่งในกระถาง กระถางละ 15 ต้น โดยกระถางที่ 1 เติมปุ๋ยชนิด A กระถางที่ 2 เติมปุ๋ยชนิด B กระถางที่ 3 เติมปุ๋ยชนิด C และรดน้ำในปริมาณเท่าๆ กัน

27. การทดลองนี้ต้องการศึกษาอะไร
    ก. ปัจจัยที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้
    ข. ผลของปุ๋ยที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้
    ค. ชนิดของปุ๋ยที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้
    ง. ปริมาณของปุ๋ยที่มีต่อการเจริญเติบโตของต้นไม้

28. การทดลองดังกล่าวต้องควบคุมตัวแปรใด
    ก. จำนวนเมล็ดพืช ชนิดของปุ๋ย
    ข. อัตราการเจริญเติบโตของพืช
    ค. ขนาดกระถาง ปริมาณของปุ๋ย
    ง. ปริมาณน้ำ ชนิดของพืช แสงสว่าง

29. จากการทดลองดังกล่าว ถ้าต้องการศึกษาว่าปุ๋ยมีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชหรือไม่ ควรทำอย่างไร
    ก. เพิ่มกระถางที่ไม่เติมปุ๋ยเลย
    ข. เพิ่มกระถางที่เติมปุ๋ยชนิด A
    ค. เพิ่มกระถางที่เติมปุ๋ยชนิด B
    ง. เพิ่มกระถางที่เติมปุ๋ยทั้ง 3 ชนิด

30. ถ้าต้องการศึกษาว่าขนาดพื้นที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืชหรือไม่ ควรควบคุมตัวแปรใด
    ก. ขนาดพื้นที่ แสงสว่าง ปริมาณน้ำ
    ข. ปริมาณน้ำ ปริมาณแสง ชนิดของเมล็ดพืช
    ค. ขนาดกระถาง จำนวนเมล็ดพืช ชนิดของดิน
    ง. อัตราการเจริญเติบโตของพืช อุณหภูมิ ระยะเวลา

31. กลูโคส : มอลโตส,
กาแล็คโตส : แล็คโตส,
ฟรัคโตส : .....
ข้อความในช่องว่างควรเป็นข้อใด
ก. เซลลูโลส
ข. ไกลโคเจน
ค. ซูโครส
ง. กลีเซอรอล

32. อาหารในข้อใดมีสารอาหารหลักเป็นองค์ประกอบต่างจากพวก
ก. ขนมปังกระเทียม
ข. บะหมี่กึ่งสำเร็จรูป
ค. มันฝรั่งอบกรอบ
ง. ส้มตำไทยไข่เค็ม

33. โปรตีน : เนื้อ นม ไข่ ถั่ว
คาร์โบไฮเดรต : .....
ข้อความในช่องว่างควรเป็นข้อใด
ก. ข้าว แป้ง น้ำตาล
ข. ไขมัน วิตามิน แร่ธาตุ น้ำ
ค. ไขมันจากพืชและสัตว์
ง. ผัก ผลไม้

34. แป้ง : สารละลายไอโอดีน
โปรตีน : .....
ข้อความในช่องว่างควรเป็นข้อใด
ก. สารละลายเบเนดิกต์
ข. สารละลายคอปเปอร์ซัลเฟต
ค. สารละลายไบยูเร็ต
ง. สารละลายโซเดียมไฮดรอกไซด์

จงใช้ข้อมูลที่กำหนดให้ตอบคำถามข้อ 35-36

แพรว พราว พัฒน์ พิม และพลอย ชักชวนกันไปร่วมงานเลี้ยงวันเกิดของเพิ่มที่ร้านอาหารริมทะเล แห่งหนึ่ง ในงานเลี้ยงมีการสั่งอาหารมารับประทานหลายอย่าง ดังข้อมูลในตาราง

ตารางแสดงชนิดของอาหารที่แต่ละคนรับประทานในงานเลี้ยงวันเกิดของเพิ่ม

ชนิดของอาหาร	แพรว	พราว	พัฒน์	พิม	พลอย	เพิ่ม
ต้มยำรวมมิตรทะเล	✓	✓	✓	✓	✓	✓
ปลาสำลีนึ่งมะนาว	✓	✓	-	✓	-	✓
ยำปลาหมึก	-	✓	-	-	✓	-
กุ้งอบวุ้นเส้น	✓	-	✓	-	✓	✓
หอยลายผัดฉ่า	-	✓	✓	-	✓	✓
ข้าวผัดปู	✓	-	✓	✓	✓	-

* เครื่องหมาย ✓ คือการรับประทานอาหารชนิดนั้นๆ

เมื่อกลับจากงานเลี้ยงแต่ละคนมีอาการปวดท้องและท้องเสีย ยกเว้นแพรวกับพิม

35. นักเรียนจะสรุปว่าอาการปวดท้องและท้องเสียของทุกคนยกเว้นแพรวกับพิมน่าจะมีสาเหตุมาจากอาหารชนิดใด

ก. ยำปลาหมึก
ข. กุ้งอบวุ้นเส้น
ค. ต้มยำรวมมิตรทะเล
ง. หอยลายผัดฉ่า

36. ถ้าข้าวผัดปูเป็นสาเหตุของอาการปวดท้องและท้องเสีย ใครจะมีโอกาสได้รับผลกระทบนี้บ้าง

ก. แพรว พราว พัฒน์ พลอย
ข. แพรว พัฒน์ พิม พลอย
ค. พราว พิม พลอย เพิ่ม
ง. พราว และเพิ่ม

จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ 37-38

อาหาร	การเปลี่ยนแปลงกับสารละลายต่าง ๆ			ถูกับกระดาษ
	ไอโอดีน	เบเนดิกต์	ไบยูเร็ต	
A	-	-	สีม่วง	โปร่งแสง
B	สีน้ำเงินปนม่วง	สีแดงอิฐ	สีม่วง	โปร่งแสง
C	สีน้ำเงินปนม่วง	-	สีม่วง	-
D	-	-	-	โปร่งแสง
E	-	สีแดงอิฐ	-	-

37. ข้อสรุปใดถูกต้อง

ก. อาหาร A และอาหาร B มีสารอาหารที่เป็นองค์ประกอบเหมือนกัน

ข. อาหาร A B D มีสารอาหารที่เป็นองค์ประกอบเหมือนกัน 1 ชนิด

ค. อาหาร B และอาหาร C เป็นอาหารชนิดเดียวกัน

ง. อาหาร D มุณค่าทางอาหารต่ำที่สุด

38. การทดลองดังกล่าวต้องควบคุมตัวแปรใด

ก. ชนิดของอาหาร

ข. ชนิดของสารละลาย

ค. ปริมาณของสารละลาย

ง. การเปลี่ยนแปลงกับสารละลายต่างๆ

แบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
เรื่อง หน่วยของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของพืชและอาหารกับการดำรงชีวิต

คำชี้แจง

1. แบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ชุดนี้มีทั้งหมด 3 ฉบับ แต่ละฉบับให้เวลาในการตอบ 10 นาที และก่อนจะเริ่มฉบับใหม่จะมีเวลาเพื่ออธิบายคำสั่งหรือเปิดโอกาสให้ซักถาม 5 นาที รวมเวลาสอบทั้งสิ้น 45 นาที
2. แบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ชุดนี้ให้นักเรียนเขียนคำตอบได้อย่างอิสระและเขียนคำตอบให้ได้มากที่สุดเท่าที่นักเรียนจะสามารถคิดได้
3. อาจารย์ผู้คุมสอบจะเป็นผู้ให้สัญญาณหมดเวลาในการทำแบบทดสอบแต่ละฉบับ เมื่อนักเรียนได้ยินสัญญาณให้หยุดทำทันที จากนั้นอาจารย์ผู้คุมสอบจะเก็บแบบทดสอบพร้อมทั้งแจกแบบทดสอบฉบับต่อไป

ชื่อ – นามสกุล ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

แบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 1
เรื่อง การใช้ประโยชน์จากสิ่งต่าง ๆ

คำชี้แจง ให้นักเรียนบอกประโยชน์ของสิ่งที่กำหนดให้มาให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ภายในระยะเวลาที่กำหนด

1. จงบอกประโยชน์ของ **ต้นไม้** มาให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ (เวลา 5 นาที)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จงบอกประโยชน์ของ **น้ำ** มาให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ (เวลา 5 นาที)

ชื่อ – นามสกุล ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

แบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 2
เรื่อง คิดหาคำตอบ

คำชี้แจง ให้นักเรียนคิดหาคำตอบจากคำถามที่กำหนดให้ มาให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ภายในระยะเวลาที่กำหนด

การดำรงชีวิตของพืชต้องอาศัยปัจจัยต่างๆ ในระบบนิเวศทั้งที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต จงยกตัวอย่างปัจจัยที่ไม่มีชีวิตหรือปัจจัยทางกายภาพในระบบนิเวศที่มีความสัมพันธ์กับการดำรงชีวิตของพืชมาให้มากที่สุด และอธิบายด้วยว่าถ้าหากไม่มีปัจจัยเหล่านั้นจะเกิดผลกระทบตามมาอย่างไร (เวลา 10 นาที)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ชื่อ – นามสกุล ..... ชั้น ..... เลขที่ .....

แบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ฉบับที่ 3
เรื่อง คิดหาคำตอบ

คำชี้แจง ให้นักเรียนคิดหาคำตอบจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ มาให้มากที่สุดเท่าที่จะทำได้ ภายในระยะเวลาที่กำหนด

จงบอกแนวทางการปฏิบัติตนให้เป็น**ผู้ที่มีสุขภาพดี ห่างไกลจากโรคภัย** มาให้มากที่สุด (เวลา 10 นาที)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน
2. แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน

เรื่อง การคายน้ำของพืช

รายวิชา วิทยาศาสตร์พื้นฐาน **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1**

เวลาสอน 2 คาบ (100 นาที) **ผู้สอน นางสาวพิธุลาวัณย์ ศุภอุทุมพร**

มาตรฐาน ว1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

ตัวชี้วัด

มาตรฐาน ว1.1 ม.1/8 ทดลองและอธิบายกลุ่มเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการลำเลียงน้ำของพืช

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถ

1. ระบุและอธิบายลักษณะของเซลล์คุมและปากใบ
2. เปรียบเทียบจำนวนปากใบระหว่างด้านบนและด้านล่างของใบพืช
3. ระบุปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำของพืชได้
4. เห็นประโยชน์ของกระบวนการคายน้ำโดยบอกความสำคัญของการคายน้ำของพืชได้
5. ทำความเข้าในสถานการณ์ปัญหาและวางแผนการแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม

สาระสำคัญ

การคายน้ำเป็นการแพร่ของน้ำออกจากพืชโดยส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่ปากใบ การคายน้ำช่วยให้พืชลำเลียงน้ำจากรากไปยังส่วนที่อยู่สูงขึ้นไปได้

เนื้อหา

พืชมีการลำเลียงน้ำและธาตุอาหารจากเซลล์หนึ่งไปสู่อีกเซลล์หนึ่งเป็นทอดๆ และพืชยังมีการลำเลียงน้ำและธาตุอาหารไปตามเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำอีกด้วย กระบวนการที่มีส่วนช่วยในการลำเลียงน้ำตามเนื้อเยื่อลำเลียงจากรากไปยังใบ ได้แก่ การคายน้ำ

เมื่อสังเกตผิวใบผ่านกล้องจุลทรรศน์ จะพบว่า ผิวใบประกอบด้วยเซลล์ซึ่งมีผนังเซลล์บางและเรียงตัวกันเป็นแผ่น ส่วนใหญ่มีรูปร่างคล้ายกัน แต่บางเซลล์ก็มีลักษณะแตกต่างไป เซลล์เหล่านี้มีรูปร่างคล้ายกับเมล็ดถั่ว อยู่เป็นคู่ แต่ละเซลล์เรียกว่า เซลล์คุม (guard cell) ภายในเซลล์คุมมีเม็ดคลอโรพลาสต์อยู่ด้วย ช่องเล็กๆ ที่อยู่ระหว่างเซลล์คุม 2 เซลล์ เรียกว่า ปากใบ (stoma) ดังภาพ

น้ำ ทำให้อุณหภูมิของใบลดลง โดยลดความร้อนที่เกิดจากแสงแดดที่ใบ ในกรณีที่ในอากาศอิ่มตัวด้วยไอน้ำหรือ อากาศมีความชื้นสูง การคายน้ำเกิดขึ้นได้น้อย แต่การดูดน้ำของรากยังเป็นปกติ พืชจะเสียน้ำในรูปของหยดน้ำ เรียกว่า กัตเตชัน (guttation)พืชไม่สามารถคายน้ำในสภาพที่แดดจัด เพราะอาจเสียน้ำมากเกินไปและเหี่ยวก่อนที่รากจะลำเลียงน้ำได้ทัน

การคายน้ำของพืชขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ พิจารณาได้ดังตาราง

ตารางอัตราการคายน้ำของพืชชนิดหนึ่ง (*Pelargonium sp.*)

เวลา (นาฬิกา)	**อุณหภูมิ (º C)**	**% ความเข้มของแสงเมื่อเปรียบเทียบกับตอนเที่ยงวัน**	**อัตราการคายน้ำ (g/m²/hr)**
6.00	16	0	10
8.00	16	70	30
10.00	21	100	130
12.00	29	100	270
13.00	32	100	310
14.00	34	100	280
15.00	35	100	240
16.00	34	100	170
18.00	29	0	70

ที่มา: หนังสือเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สสวท.

จากตารางอธิบายได้ว่า อุณหภูมิมีผลต่ออัตราการคายน้ำ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น อัตราการคายน้ำเพิ่มขึ้นจนถึงระดับอุณหภูมิหนึ่ง ต่อจากนั้นแม้ว่าอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นแต่อัตราการคายน้ำเริ่มลดลง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากกลไกการควบคุมสมดุลของน้ำในพืช นอกจากนี้การคายน้ำของพืชยังเกี่ยวข้องกับปัจจัยอื่นๆ ดังต่อไปนี้

1. ความเข้มของแสง ความเข้มของแสงมากทำให้อัตราการคายน้ำสูงขึ้น แต่ถ้าความเข้มของแสงน้อยทำให้อัตราการคายน้ำลดลง เนื่องจากเมื่อมีความเข้มของแสงมาก คลอโรพลาสต์ในเซลล์คุมมีการสังเคราะห์ด้วยแสงมากขึ้น ทำให้เกิดการสร้างน้ำตาลมากขึ้นในเซลล์คุม น้ำจากเซลล์ข้างเคียงจึงออสโมซิสเข้าไปในเซลล์คุมทำให้เซลล์เต่ง ปากใบจึงเปิด ทำให้เกิดการคายน้ำมากขึ้น

2. ความชื้นในบรรยากาศ เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำหรืออากาศแห้ง อากาศภายนอกสามารถรับไอน้ำได้มาก น้ำภายในใบจะระเหยเป็นไอออกสู่ภายนอกได้ดี ในทางตรงกันข้าม ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูงหรืออากาศชื้น น้ำภายในใบจะระเหยเป็นไอออกสู่ภายนอกได้น้อย

ดังนั้น ในบริเวณที่มีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำ อัตราการคายน้ำจะเกิดขึ้นได้มากและรวดเร็วกว่าบริเวณที่มีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูง

3. กระแสลม โดยทั่วไปในบริเวณที่ลมพัดจะทำให้อัตราการคายน้ำเกิดขึ้นรวดเร็วกว่าบริเวณที่ไม่มีลม เนื่องจากลมจะพัดพาไอน้ำที่อยู่บริเวณผิวใบและบริเวณรอบๆ ให้ระเหยออกจากใบได้เร็วขึ้น

4. ปริมาณน้ำในดิน ถ้าน้ำในดินมีเป็นจำนวนมาก พืชก็จะดูดน้ำและลำเลียงไปยังใบได้มาก ทำให้พืชคายน้ำได้มาก แต่ถ้าพืชอยู่ในสภาพแห้งแล้ง พืชไม่มีน้ำที่จะลำเลียงขึ้นไปยังใบ ใบจึงขาดน้ำ ไม่สามารถคายน้ำออกมาได้

<u>ประโยชน์ของการคายน้ำของพืช</u>

1. ช่วยในการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุในท่อลำเลียงน้ำขึ้นไปสูงๆได้ เมื่อน้ำระเหยออกจากเซลล์บริเวณปากใบ ปริมาณน้ำในเซลล์จะลดลงทำให้ความเข้มข้นของสารละลายภายในเซลล์นั้นเพิ่มขึ้น น้ำจากเซลล์ข้างเคียงที่มีปริมาณมากกว่าจะออสโมซิสเข้ามาแทนที่ กระบวนการนี้จะเกิดต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ ส่งผลให้น้ำออสโมซิสออกจากเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำบริเวณลำต้นซึ่งมีลักษณะเป็นท่อต่อเนื่องมาจากบริเวณส่วนราก เกิดแรงดึงน้ำจากส่วนรากขึ้นมาสู่ส่วนบนของเนื้อเยื่อลำเลียง ในที่สุดน้ำจากดินก็จะออสโมซิสเข่าสู่เซลล์ขนรากเป็นการทดแทนน้ำที่ระเหยออกจากเนื้อเยื่อพืชในกระบวนการคายน้ำ

2. ช่วยลดอุณหภูมิที่ใบ

3. เพิ่มความชุ่มชื้นบริเวณผิวใบ

<u>ข้อยกเว้น</u> การคายน้ำมากจนทำให้พืชได้รับน้ำไม่เพียงพอ จะทำให้พืชเจริญเติบโตช้า และอาจตายได้ ดังนั้นการปักชำพืชจึงต้องมีการตัดใบออกบ้างเพื่อลดการคายน้ำ

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) (10 นาที)

1. ครูนำผักที่บรรจุอยู่ในถุงพลาสติกใสให้นักเรียนสังเกตและบอกข้อมูลที่ได้จากการสังเกต (สังเกตเห็นฝ้าหรือไอน้ำเกาะอยู่ภายในถุง)

2. ครูถามนักเรียนในประเด็นต่อไปนี้

- ฝ้าหรือไอน้ำที่เกาะอยู่ภายในถุงเหล่านี้มาจากไหน (มาจากพืชผักในถุงพลาสติกใส)
- ไอน้ำเหล่านี้น่าจะมาจากส่วนใดของพืช (ใบ ลำต้น)
- เพราะเหตุใดจึงเกิดเหตุการณ์นี้ (พืชมีการหายใจ, ระบายความร้อน)

3. ครูใช้คำถามนำเข้าสู่กิจกรรมว่า นักเรียนจะมีวิธีศึกษาโครงสร้างของพืชที่ทำให้เกิดไอน้ำและสาเหตุของการเกิดกระบวนการนี้ได้อย่างไร

เซลล์หลายชนิดเรียงตัวกันเป็นแผ่นบาง เซลล์ส่วนใหญ่มีรูปร่างคล้ายคลึงกัน แต่มีบางเซลล์ที่มีรูปร่างแตกต่างจากเซลล์อื่นๆ กล่าวคือ มีลักษณะคล้ายเมล็ดถั่วอยู่เป็นคู่ และพบช่องเล็กๆ อยู่ตรงกลางระหว่าง 2 เซลล์ โดยพบเซลล์ที่มีลักษณะดังกล่าวบริเวณผิวใบด้านล่างมากกว่าบริเวณผิวใบด้านบน ดังนั้นการคายน้ำจึงเกิดขึ้นที่บริเวณผิวใบด้านล่างมากกว่าผิวใบด้านบน)

- เซลล์ที่มีรูปร่างแตกต่างไปจากเซลล์อื่นนี้แต่ละเซลล์เรียกว่า (เซลล์คุม)

- ช่องเล็กๆที่มีอยู่ระหว่างเซลล์คุมเรียกว่า (ปากใบ) ช่องว่างนี้มีความสำคัญคือ (เป็นส่วนที่เกิดการคายน้ำของพืช)

- เซลล์คุมสังเคราะห์ด้วยแสงได้หรือไม่ ทราบได้อย่างไร (สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้ เนื่องจากมีคลอโรพลาสต์)

3. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับจำนวนปากใบในพืชแต่ละชนิด

4. ครูให้นักเรียนศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำจากใบกิจกรรม เขียนกราฟ แปลความหมายข้อมูลและอธิบายแนวคิดเพื่อสรุปปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำ และตอบคำถามดังนี้

- จงอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับการคายน้ำ (อุณหภูมิมีผลต่ออัตราการคายน้ำ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น อัตราการคายน้ำเพิ่มขึ้นจนถึงระดับอุณหภูมิหนึ่ง ต่อจากนั้นแม้ว่าอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นแต่อัตราการคายน้ำเริ่มลดลง)

- พืชคายน้ำมากที่สุดในช่วงใด และการคายน้ำของพืชมีความเกี่ยวข้องกับปัจจัยใดบ้าง (พืชคายน้ำมากที่สุดในช่วง 13 นาฬิกา และการคายน้ำเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิและความเข้มของแสง)

5. ครูอธิบายปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการคายน้ำ ได้แก่ ความเข้มของแสง ความชื้นในบรรยากาศ กระแสลม ปริมาณน้ำในดิน

6. ครูตั้งประเด็นคำถามเพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายต่อไปว่า ในกรณีที่พืชคายน้ำออกไปมากๆ พืชจะเป็นอย่างไร นักเรียนคิดว่าพืชจะมีวิธีใดในการรักษาสมดุลของน้ำ (กรณีที่พืชคายน้ำออกไปมากๆ พืชจะเหี่ยว และพืชจะกลไกในการรักษาสมดุลของน้ำโดยการปิดปากใบ)

7. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมโดยการถามคำถามต่อไปนี้

- ในกรณีที่ในอากาศมีความชื้นสูง อัตราการคายน้ำจะลดลง นักเรียนคิดว่าพืชมีวิธีการที่จะกำจัดน้ำในสภาพที่อากาศมีความชื้นสูงๆ ได้อย่างไร (เมื่ออากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูง เช่น ในเวลากลางคืนที่อากาศเย็นหรือเช้ามืด น้ำจะระเหยเป็นไอสู่บรรยากาศได้น้อยลง ทำให้การคายน้ำลดลง แต่แรงดันน้ำในต้นพืชยังสูงอยู่ จึงทำให้น้ำไหลล้นออกมาในรูปของหยดน้ำบริเวณรูเปิดที่ปลายเส้นใบที่เรียกว่า ไฮดาโทด (hydathode) ซึ่งอยู่ตามขอบบหรือปลายใบ การสูญเสียน้ำในลักษณะนี้เรียกว่า กัตเตชัน (guttation)

- นักเรียนคิดว่าพืชคายน้ำจากบริเวณอื่น นอกจากปากใบได้หรือไม่ (พืชสามารถสูญเสียน้ำออกทางเลนทิเซล ซึ่งเป็นรอยแตกที่ผิวของลำต้นได้อีกด้วย)

- การคายน้ำของพืชมีผลต่อสภาพแวดล้อมบริเวณที่พืชเจริญอยู่หรือไม่ อย่างไร (มีผลต่อสภาพแวดล้อมบริเวณที่พืชเจริญอยู่ กล่าวคือ สภาพแวดล้อมที่มีพืชขึ้นอยู่หนาแน่น พืชเหล่านี้จะคายน้ำออกสู่บรรยากาศ ทำให้บรรยากาศบริเวณนั้นมีความชุ่มชื้น เช่น ป่าที่มีต้นไม้ขึ้นอยู่หนาแน่นจะพบว่ามีความชื้นสูง)

8. ครูให้ความรู้ว่า การคายน้ำมีส่วนทำให้พืชลำเลียงน้ำขึ้นไปยังส่วนบนของลำต้นและส่วนต่างๆ ของพืชได้ เนื่องจากโมเลกุลของน้ำมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำด้วยกันเอง เมื่อใบคายน้ำออกไป โมเลกุลของน้ำในเซลล์ใบจะดึงโมเลกุลของน้ำที่อยู่ข้างเคียง ต่อกันไปเรื่อยๆ จนถึงท่อลำเลียงในใบ ลำต้น ราก จนในที่สุดจะไปดึงน้ำจากดินเข้าสู่ราก ทำให้การลำเลียงน้ำเป็นไปอย่างต่อเนื่อง

9. ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปประโยชน์จากการคายน้ำของพืช

ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) (20 **นาที**)

ครูตั้งประเด็นปัญหาว่า พืชที่ปลูกอยู่ริมถนนหรือบนเกาะกลางถนนจะมีเขม่าควันจากยานพาหนะจับอยู่ตามผิวใบ เขม่าควันเหล่านี้มีผลต่อการคายน้ำผ่านทางปากใบของพืชหรือไม่อย่างไร จากนั้นให้นักเรียนออกแบบการทดลองและทำการทดลองเพื่อตรวจสอบปัญหาดังกล่าว

ขั้นประเมิน (Evaluation) (10 **นาที**)

ครูประเมินการเรียนรู้ของนักเรียนในระหว่างการจัดการเรียนการสอนขั้นที่ 1-4 ดังนี้

- ประเมินการตอบคำถามและการอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน โดยใช้การสังเกต
- ประเมินการออกแบบการทดลองเพื่อศึกษาโครงสร้างที่เกิดการคายน้ำของพืช
- ประเมินการนำเสนอและอภิปรายผลการศึกษาโครงสร้างที่เกิดการคายน้ำของพืช
- ประเมินการอภิปรายและสรุปเกี่ยวกับปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำของพืช
- ประเมินการตอบคำถามในใบกิจกรรมเรื่องการคายน้ำของพืช
- ประเมินการออกแบบการทดลองในขั้นขยายความรู้

ใบกิจกรรมเรื่อง การคายน้ำของพืช

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาโครงสร้างของพืชที่ใช้ในการคายน้ำ

ปัญหาการทดลอง _____

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

รายการ	จำนวน/กลุ่ม

วิธีทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

_____

_____

คำถาม

1. จากการสังเกตเซลล์ผิวใบผ่านกล้องจุลทรรศน์ นักเรียนพบเซลล์ที่แตกต่างจากเซลล์อื่นๆในบริเวณนั้นหรือไม่ เซลล์ดังกล่าวมีลักษณะอย่างไร _____

_____

บริเวณผิวด้านบนและด้านล่างมีความหนาแน่นของเซลล์ดังกล่าวเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

_____

_____

2. เซลล์ที่มีรูปร่างแตกต่างไปจากเซลล์อื่นนี้แต่ละเซลล์เรียกว่าอะไร มีลักษณะอย่างไร

_____

3. ช่องเล็กๆที่มีอยู่ระหว่างเซลล์คุมเรียกว่าอะไรและมีความสำคัญอย่างไร

_____

4. เซลล์คุมสังเคราะห์ด้วยแสงได้หรือไม่ ทราบได้อย่างไร

_____

5. พืชบกส่วนใหญ่จะมีปากใบอยู่หนาแน่นที่ใบด้าน_____ มากกว่า ส่วนพืชที่มีท้องใบแตะน้ำ เช่น บัว จะมีปากใบอยู่เฉพาะ _____ พืชน้ำที่มีใบจมอยู่ใต้น้ำ เช่น สาหร่ายหางกระรอกจะ_____

คำอธิบายกราฟ _____

_____

_____

_____

7. จากข้อมูลในตารางพืชคายน้ำมากที่สุดในช่วงใดและการคายน้ำของพืชมีความเกี่ยวข้องกับปัจจัยใด _____

_____

8. นักเรียนคิดว่าการคายน้ำของพืชยังขึ้นอยู่กับปัจจัยใดอื่นอีกบ้าง อย่างไร

_____

_____

_____

_____

9. ในกรณีที่ในอากาศมีความชื้นสูง อัตราการคายน้ำจะลดลง นักเรียนคิดว่าพืชมีวิธีการที่จะกำจัดน้ำในสภาพที่อากาศมีความชื้นสูงๆ ได้อย่างไร _____

_____

10. นักเรียนคิดว่าพืชคายน้ำจากบริเวณอื่น นอกจากปากใบได้หรือไม่ _____

_____

11. การคายน้ำของพืชมีผลต่อสภาพแวดล้อมบริเวณที่พืชเจริญอยู่หรือไม่ อย่างไร

_____

_____

12. การคายน้ำของพืชมีประโยชน์อย่างไรบ้าง

_____

_____

_____

ใบกิจกรรมเรื่อง เขม่าควันกับการคายน้ำของพืช

นักเรียนเคยสังเกตหรือไม่ว่า พืชที่ปลูกอยู่ริมถนนหรือบนเกาะกลางถนนจะมีเขม่าควันจากยานพาหนะจับอยู่ตามผิวใบ ถ้าเป็นเช่นนั้น เขม่าควันเหล่านี้มีผลต่อการคายน้ำผ่านทางปากใบของพืชหรือไม่ อย่างไร จงออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบปัญหาดังกล่าว

วัตถุประสงค์ _____

ปัญหาการทดลอง _____

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

รายการ	จำนวน/กลุ่ม

วิธีทดลอง

ตารางบันทึกผลการทดลอง

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

_____

_____

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบทั่วไป

เรื่อง การคายน้ำของพืช

รายวิชา วิทยาศาสตร์พื้นฐาน **ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1**

เวลาสอน 2 คาบ (100 นาที) **ผู้สอน นางสาวพิธุลาวัณย์ ศุภอุทุมพร**

มาตรฐาน ว1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

ตัวชี้วัด

มาตรฐาน ว1.1 ม.1/8 ทดลองและอธิบายกลุ่มเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการลำเลียงน้ำของพืช

จุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อให้ผู้เรียนสามารถ

1. ระบุและอธิบายลักษณะของเซลล์คุมและปากใบ
2. เปรียบเทียบจำนวนปากใบระหว่างด้านบนและด้านล่างของใบพืช
3. ระบุปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำของพืชได้
4. เห็นประโยชน์ของกระบวนการคายน้ำโดยบอกความสำคัญของการคายน้ำของพืชได้
5. ทำการทดลองเพื่อแก้ปัญหาตามขั้นตอนที่กำหนดให้ได้อย่างเหมาะสม

สาระสำคัญ

การคายน้ำเป็นการแพร่ของน้ำออกจากพืชโดยส่วนใหญ่เกิดขึ้นที่ปากใบ การคายน้ำช่วยให้พืชลำเลียงน้ำจากรากไปยังส่วนที่อยู่สูงขึ้นไปได้

เนื้อหา

พืชมีการลำเลียงน้ำและธาตุอาหารจากเซลล์หนึ่งไปสู่อีกเซลล์หนึ่งเป็นทอดๆ และพืชยังมีการลำเลียงน้ำและธาตุอาหารไปตามเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำอีกด้วย กระบวนการที่มีส่วนช่วยในการลำเลียงน้ำตามเนื้อเยื่อลำเลียงจากรากไปยังใบ ได้แก่ การคายน้ำ

เมื่อสังเกตผิวใบผ่านกล้องจุลทรรศน์ จะพบว่า ผิวใบประกอบด้วยเซลล์ซึ่งมีผนังเซลล์บางและเรียงตัวกันเป็นแผ่น ส่วนใหญ่มีรูปร่างคล้ายกัน แต่บางเซลล์ก็มีลักษณะแตกต่างไป เซลล์เหล่านี้มีรูปร่างคล้ายกับเมล็ดถั่ว อยู่เป็นคู่ แต่ละเซลล์เรียกว่า เซลล์คุม (guard cell) ภายในเซลล์คุมมีเม็ดคลอโรพลาสต์อยู่ด้วย ช่องเล็กๆ ที่อยู่ระหว่างเซลล์คุม 2 เซลล์ เรียกว่า ปากใบ (stoma) ดังภาพ

น้ำ ทำให้อุณหภูมิของใบลดลง โดยลดความร้อนที่เกิดจากแสงแดดที่ใบ ในกรณีที่ในอากาศอิ่มตัวด้วยไอน้ำหรือ อากาศมีความชื้นสูง การคายน้ำเกิดขึ้นได้น้อย แต่การดูดน้ำของรากยังเป็นปกติ พืชจะเสียน้ำในรูปของหยดน้ำ เรียกว่า กัตเตชัน (guttation)พืชไม่สามารถคายน้ำในสภาพที่แดดจัด เพราะอาจเสียน้ำมากเกินไปและเหี่ยวก่อนที่รากจะลำเลียงน้ำได้ทัน

การคายน้ำของพืชขึ้นอยู่กับปัจจัยต่างๆ พิจารณาได้ดังตาราง

ตารางอัตราการคายน้ำของพืชชนิดหนึ่ง (*Pelargonium sp.*)

เวลา (นาฬิกา)	**อุณหภูมิ (º C)**	**% ความเข้มของแสงเมื่อเปรียบเทียบกับตอนเที่ยงวัน**	**อัตราการคายน้ำ (g/m²/hr)**
6.00	16	0	10
8.00	16	70	30
10.00	21	100	130
12.00	29	100	270
13.00	32	100	310
14.00	34	100	280
15.00	35	100	240
16.00	34	100	170
18.00	29	0	70

ที่มา: หนังสือเรียนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐาน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สสวท.

จากตารางอธิบายได้ว่า อุณหภูมิมีผลต่ออัตราการคายน้ำ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น อัตราการคายน้ำเพิ่มขึ้นจนถึงระดับอุณหภูมิหนึ่ง ต่อจากนั้นแม้ว่าอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นแต่อัตราการคายน้ำเริ่มลดลง ซึ่งอาจเป็นผลมาจากกลไกการควบคุมสมดุลของน้ำในพืช นอกจากนี้การคายน้ำของพืชยังเกี่ยวข้องกับปัจจัยอื่นๆ ดังต่อไปนี้

1. ความเข้มของแสง ความเข้มของแสงมากทำให้อัตราการคายน้ำสูงขึ้น แต่ถ้าความเข้มของแสงน้อยทำให้อัตราการคายน้ำลดลง เนื่องจากเมื่อมีความเข้มของแสงมาก คลอโรพลาสต์ในเซลล์คุมมีการสังเคราะห์ด้วยแสงมากขึ้น ทำให้เกิดการสร้างน้ำตาลมากขึ้นในเซลล์คุม น้ำจากเซลล์ข้างเคียงจึงออสโมซิสเข้าไปในเซลล์คุมทำให้เซลล์เต่ง ปากใบจึงเปิด ทำให้เกิดการคายน้ำมากขึ้น
2. ความชื้นในบรรยากาศ เมื่อความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำหรืออากาศแห้ง อากาศภายนอกสามารถรับไอน้ำได้มาก น้ำภายในใบจะระเหยเป็นไอออกสู่ภายนอกได้ดี ในทางตรงกันข้าม ถ้าความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูงหรืออากาศชื้น น้ำภายในใบจะระเหยเป็นไอออกสู่ภายนอกได้น้อย

ดังนั้น ในบริเวณที่มีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศต่ำ อัตราการคายน้ำจะเกิดขึ้นได้มากและรวดเร็วกว่าบริเวณที่มีความชื้นสัมพัทธ์ของอากาศสูง

3. กระแสลม โดยทั่วไปในบริเวณที่ลมพัดจะทำให้อัตราการคายน้ำเกิดขึ้นรวดเร็วกว่าบริเวณที่ไม่มีลม เนื่องจากลมจะพัดพาไอน้ำที่อยู่บริเวณผิวใบและบริเวณรอบๆ ให้ระเหยออกจากใบได้เร็วขึ้น

4. ปริมาณน้ำในดิน ถ้าน้ำในดินมีเป็นจำนวนมาก พืชก็จะดูดน้ำและลำเลียงไปยังใบได้มาก ทำให้พืชคายน้ำได้มาก แต่ถ้าพืชอยู่ในสภาพแห้งแล้ง พืชไม่มีน้ำที่จะลำเลียงขึ้นไปยังใบ ใบจึงขาดน้ำ ไม่สามารถคายน้ำออกมาได้

<u>ประโยชน์ของการคายน้ำของพืช</u>

1. ช่วยในการลำเลียงน้ำและแร่ธาตุในท่อลำเลียงน้ำขึ้นไปสูงๆได้ เมื่อน้ำระเหยออกจากเซลล์บริเวณปากใบ ปริมาณน้ำในเซลล์จะลดลงทำให้ความเข้มข้นของสารละลายภายในเซลล์นั้นเพิ่มขึ้น น้ำจากเซลล์ข้างเคียงที่มีปริมาณมากกว่าจะออสโมซิสเข้ามาแทนที่ กระบวนการนี้จะเกิดต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ ส่งผลให้น้ำออสโมซิสออกจากเนื้อเยื่อลำเลียงน้ำบริเวณลำต้นซึ่งมีลักษณะเป็นท่อต่อเนื่องมาจากบริเวณส่วนราก เกิดแรงดึงน้ำจากส่วนรากขึ้นมาสู่ส่วนบนของเนื้อเยื่อลำเลียง ในที่สุดน้ำจากดินก็จะออสโมซิสเข่าสู่เซลล์ขนรากเป็นการทดแทนน้ำที่ระเหยออกจากเนื้อเยื่อพืชในกระบวนการคายน้ำ

2. ช่วยลดอุณหภูมิที่ใบ

3. เพิ่มความชุ่มชื้นบริเวณผิวใบ

<u>ข้อยกเว้น</u> การคายน้ำมากจนทำให้พืชได้รับน้ำไม่เพียงพอ จะทำให้พืชเจริญเติบโตช้า และอาจตายได้ ดังนั้นการปักชำพืชจึงต้องมีการตัดใบออกบ้างเพื่อลดการคายน้ำ

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำ (10 นาที)

1. ครูนำผักที่บรรจุอยู่ในถุงพลาสติกใสให้นักเรียนสังเกตและบอกข้อมูลที่ได้จากการสังเกต (สังเกตเห็นฝ้าหรือไอน้ำเกาะอยู่ภายในถุง)

2. ครูถามนักเรียนในประเด็นต่อไปนี้

- ฝ้าหรือไอน้ำที่เกาะอยู่ภายในถุงเหล่านี้มาจากไหน (มาจากพืชผักในถุงพลาสติกใส)
- ไอน้ำเหล่านี้น่าจะมาจากส่วนใดของพืช (ใบ ลำต้น)
- เพราะเหตุใดจึงเกิดเหตุการณ์นี้ (พืชมีการหายใจ, ระบายความร้อน)

3. ครูใช้คำถามนำเข้าสู่กิจกรรมว่า นักเรียนจะมีวิธีศึกษาโครงสร้างของพืชที่ทำให้เกิดไอน้ำและสาเหตุของการเกิดกระบวนการนี้ได้อย่างไร

5. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลของกิจกรรมโดยใช้คำถามดังนี้

- จากการสังเกตเซลล์ผิวใบผ่านกล้องจุลทรรศน์ นักเรียนพบเซลล์ที่แตกต่างจากเซลล์อื่นๆในบริเวณนั้นหรือไม่ เซลล์ดังกล่าวมีลักษณะอย่างไร บริเวณผิวด้านบนและด้านล่างมีความหนาแน่นของเซลล์ดังกล่าวเท่ากันหรือไม่ อย่างไร (เมื่อตรวจดูผิวใบพืชด้วยกล้องจุลทรรศน์จะพบเซลล์หลายชนิดเรียงตัวกันเป็นแผ่นบาง เซลล์ส่วนใหญ่มีรูปร่างคล้ายคลึงกัน แต่มีบางเซลล์ที่มีรูปร่างแตกต่างจากเซลล์อื่นๆ กล่าวคือ มีลักษณะคล้ายเมล็ดถั่วอยู่เป็นคู่ และพบช่องเล็กๆ อยู่ตรงกลางระหว่าง 2 เซลล์ โดยพบเซลล์ที่มีลักษณะดังกล่าวบริเวณผิวใบด้านล่างมากกว่าบริเวณผิวใบด้านบน ดังนั้นการคายน้ำจึงเกิดขึ้นที่บริเวณผิวใบด้านล่างมากกว่าผิวใบด้านบน)

- เซลล์ที่มีรูปร่างแตกต่างไปจากเซลล์อื่นนี้แต่ละเซลล์เรียกว่า (เซลล์คุม)

- ช่องเล็กๆที่มีอยู่ระหว่างเซลล์คุมเรียกว่า (ปากใบ) ช่องว่างนี้มีความสำคัญคือ (เป็นส่วนที่เกิดการคายน้ำของพืช)

- เซลล์คุมสังเคราะห์ด้วยแสงได้หรือไม่ ทราบได้อย่างไร (สามารถสังเคราะห์ด้วยแสงได้เนื่องจากมีคลอโรพลาสต์)

6. ครูให้ความรู้เกี่ยวกับจำนวนปากใบในพืชแต่ละชนิด

7. ครูให้นักเรียนศึกษาปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำจากใบกิจกรรม เขียนกราฟ แปลความหมายข้อมูลและอธิบายแนวคิดเพื่อสรุปปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำ และตอบคำถามดังนี้

- จงอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างอุณหภูมิกับการคายน้ำ (อุณหภูมิมีผลต่ออัตราการคายน้ำ เมื่ออุณหภูมิสูงขึ้น อัตราการคายน้ำเพิ่มขึ้นจนถึงระดับอุณหภูมิหนึ่ง ต่อจากนั้นแม้ว่าอุณหภูมิจะเพิ่มขึ้นแต่อัตราการคายน้ำเริ่มลดลง)

- พืชคายน้ำมากที่สุดในช่วงใด และการคายน้ำของพืชมีความเกี่ยวข้องกับปัจจัยใดบ้าง (พืชคายน้ำมากที่สุดในช่วง 13 นาฬิกา และการคายน้ำเกี่ยวข้องกับอุณหภูมิและความเข้มของแสง)

7. ครูอธิบายปัจจัยอื่นๆ ที่มีผลต่อการคายน้ำ ได้แก่ ความเข้มของแสง ความชื้นในบรรยากาศ กระแสลม ปริมาณน้ำในดิน

8. ครูตั้งประเด็นคำถามเพื่อให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายต่อไปว่า ในกรณีที่พืชคายน้ำออกไปมากๆ พืชจะเป็นอย่างไร นักเรียนคิดว่าพืชจะมีวิธีใดในการรักษาสมดุลของน้ำ (กรณีที่พืชคายน้ำออกไปมากๆ พืชจะเหี่ยว และพืชจะกลไกในการรักษาสมดุลของน้ำโดยการปิดปากใบ)

9. ครูให้ความรู้เพิ่มเติมโดยการถามคำถามต่อไปนี้

- ในกรณีที่ในอากาศมีความชื้นสูง อัตราการคายน้ำจะลดลง นักเรียนคิดว่าพืชมีวิธีการที่จะกำจัดน้ำในสภาพที่อากาศมีความชื้นสูงๆ ได้อย่างไร (เมื่ออากาศมีความชื้นสัมพัทธ์สูง เช่น ในเวลากลางคืนที่อากาศเย็นหรือเช้ามืด น้ำจะระเหยเป็นไอสู่บรรยากาศได้น้อยลง ทำให้การคายน้ำ

ลดลง แต่แรงดันน้ำในต้นพืชยังสูงอยู่ จึงทำให้น้ำไหลล้นออกมาในรูปของหยดน้ำบริเวณรูเปิดที่ปลายเส้นใบที่เรียกว่า ไฮดาโทด (hydathode) ซึ่งอยู่ตามขอบบหรือปลายใบ การสูญเสียน้ำในลักษณะนี้เรียกว่า กัตเตชัน (guttation)

- นักเรียนคิดว่าพืชคายน้ำจากบริเวณอื่น นอกจากปากใบได้หรือไม่ (พืชสามารถสูญเสียน้ำออกทางเลนทิเซล ซึ่งเป็นรอยแตกที่ผิวของลำต้นได้อีกด้วย)

- การคายน้ำของพืชมีผลต่อสภาพแวดล้อมบริเวณที่พืชเจริญอยู่หรือไม่ อย่างไร (มีผลต่อสภาพแวดล้อมบริเวณที่พืชเจริญอยู่ กล่าวคือ สภาพแวดล้อมที่มีพืชขึ้นอยู่หนาแน่น พืชเหล่านี้จะคายน้ำออกสู่บรรยากาศ ทำให้บรรยากาศบริเวณนั้นมีความชุ่มชื้น เช่น ป่าที่มีต้นไม้ขึ้นอยู่หนาแน่นจะพบว่ามีความชื้นสูง)

10. ครูให้ความรู้ว่า การคายน้ำมีส่วนทำให้พืชลำเลียงน้ำขึ้นไปยังส่วนบนของลำต้นและส่วนต่างๆ ของพืชได้ เนื่องจากโมเลกุลของน้ำมีแรงดึงดูดระหว่างโมเลกุลของน้ำด้วยกันเอง เมื่อใบคายน้ำออกไป โมเลกุลของน้ำในเซลล์ใบจะดึงโมเลกุลของน้ำที่อยู่ข้างเคียง ต่อกันไปเรื่อยๆ จนถึงท่อลำเลียงในใบ ลำต้น ราก จนในที่สุดจะไปดึงน้ำจากดินเข้าสู่ราก ทำให้การลำเลียงน้ำเป็นไปอย่างต่อเนื่อง

11. ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปประโยชน์จากการคายน้ำของพืช

12. ครูถามคำถามว่า พืชที่ปลูกอยู่ริมถนนหรือบนเกาะกลางถนนจะมีเขม่าควันจากยานพาหนะจับอยู่ตามผิวใบ เขม่าควันเหล่านี้มีผลต่อการคายน้ำผ่านทางปากใบของพืชหรือไม่อย่างไร (มีผล เนื่องจากเขม่าควันอาจปกคลุมบริเวณปากใบซึ่งจะขัดขวางการคายน้ำของพืชด้วย)

ขั้นสรุป (10 นาที)

ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้เรียนในประเด็นต่อไปนี้

- โครงสร้างที่เกิดการคายน้ำของพืช
- ปัจจัยที่มีผลต่อการคายน้ำของพืช

ใบกิจกรรมเรื่อง การคายน้ำของพืช

วัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาโครงสร้างของพืชที่ใช้ในการคายน้ำ

ปัญหาการทดลอง _____

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

รายการ	จำนวน/กลุ่ม
1. ใบว่านกาบหอย	1 ใบ
2. กล้องจุลทรรศน์	1 กล้อง
3. สไลด์และกระจกปิดสไลด์	1 ชุด
4. บีกเกอร์ 100 cm^3	1 ใบ
5. หลอดหยด	1 อัน
6. มีดโกนแบบมีด้าม	1 เล่ม
7. น้ำกลั่น	20 cm^3

วิธีทดลอง

1. สังเกตและบันทึกลักษณะผิวใบ ทั้งด้านบนและด้านล่างของใบว่านกาบหอย
2. นำใบว่านกาบหอยมาฉีกแฉลบ ให้เนื้อเยื่อผิวใบด้านล่างลอกออกเป็นแผ่นบางติดอยู่กับรอยฉีก ตัดเนื้อเยื่อผิวใบด้านล่างเป็นชิ้นเล็กๆ นำไปวางบนหยดน้ำบนสไลด์แล้วปิดด้วยกระจกปิดสไลด์
3. ส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์กำลังขยายต่ำและกำลังขยายสูงตามลำดับ วาดภาพเซลล์ที่เห็นลงในใบบันทึกกิจกรรม
4. ตรวจดูเนื้อเยื่อผิวใบด้านบน โดยปฏิบัติเช่นเดียวกับข้อ 2.1-2.3

ตารางบันทึกผลการสังเกตใบว่านกาบหอย

ส่วนของใบไม้	**ผลการสังเกตด้วยตาเปล่า**
1. ลักษณะผิวใบด้านบน	
2. ลักษณะผิวใบด้านล่าง	

วาดภาพที่ได้จากการสังเกตใบว่านกาบหอยด้วยกล้องจุลทรรศน์

สรุปและอภิปรายผลการทดลอง

_____

_____

คำถาม

1. จากการสังเกตเซลล์ผิวใบผ่านกล้องจุลทรรศน์ นักเรียนพบเซลล์ที่แตกต่างจากเซลล์อื่นๆใน บริเวณนั้นหรือไม่ เซลล์ดังกล่าวมีลักษณะอย่างไร _____

_____

บริเวณผิวด้านบนและด้านล่างมีความหนาแน่นของเซลล์ดังกล่าวเท่ากันหรือไม่ อย่างไร

_____

_____

2. เซลล์ที่มีรูปร่างแตกต่างไปจากเซลล์อื่นนี้แต่ละเซลล์เรียกว่าอะไร มีลักษณะอย่างไร

_____

3. ช่องเล็กๆที่มีอยู่ระหว่างเซลล์คุมเรียกว่าอะไรและมีความสำคัญอย่างไร

_____

4. เซลล์คุมสังเคราะห์ด้วยแสงได้หรือไม่ ทราบได้อย่างไร

_____

5. พืชบกส่วนใหญ่จะมีปากใบอยู่หนาแน่นที่ใบด้าน_____ มากกว่า ส่วนพืชที่มีท้องใบแตะน้ำ เช่น บัว จะมีปากใบอยู่เฉพาะ _____ พืชน้ำที่มีใบจมอยู่ใต้น้ำ เช่น สาหร่ายหางกระรอกจะ_____

คำอธิบายกราฟ _____

_____

_____

_____

7. จากข้อมูลในตารางพืชคายน้ำมากที่สุดในช่วงใดและการคายน้ำของพืชมีความเกี่ยวข้องกับปัจจัยใด _____

_____

8. นักเรียนคิดว่าการคายน้ำของพืชยังขึ้นอยู่กับปัจจัยใดอื่นอีกบ้าง อย่างไร

_____

_____

_____

_____

9. ในกรณีที่ในอากาศมีความชื้นสูง อัตราการคายน้ำจะลดลง นักเรียนคิดว่าพืชมีวิธีการที่จะกำจัดน้ำในสภาพที่อากาศมีความชื้นสูงๆ ได้อย่างไร _____

_____

10. นักเรียนคิดว่าพืชคายน้ำจากบริเวณอื่น นอกจากปากใบได้หรือไม่ _____

_____

11. การคายน้ำของพืชมีผลต่อสภาพแวดล้อมบริเวณที่พืชเจริญอยู่หรือไม่ อย่างไร

_____

_____

12. การคายน้ำของพืชมีประโยชน์อย่างไรบ้าง

_____

_____

_____

13. พืชที่ปลูกอยู่ริมถนนหรือบนเกาะกลางถนนจะมีเขม่าควันจากยานพาหนะจับอยู่ตามผิวใบ เขม่าควันเหล่านี้มีผลต่อการคายน้ำผ่านทางปากใบของพืชหรือไม่ อย่างไร _____

_____

ภาคผนวก ง

คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ตารางที่ 16 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และการแปลความหมายระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัดของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของพืชและอาหารกับการดำรงชีวิต

ข้อ	จุดประสงค์ที่ต้องการวัดของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของพืชและอาหารกับการดำรงชีวิต	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	การแปลความหมาย
1	การนิรนัยผลของสารอาหารต่อการทำงานของเซลล์	1	วัดได้สอดคล้อง
2	การนิรนัยกลไกการทำงานของเซลล์	1	วัดได้สอดคล้อง
3	การนิรนัยกลไกการทำงานของเซลล์	1	วัดได้สอดคล้อง
4	การนิรนัยผลของสารอาหารต่อการทำงานของเซลล์	1	วัดได้สอดคล้อง
5	การนิรนัยปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช	1	วัดได้สอดคล้อง
6	การนิรนัยปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช	1	วัดได้สอดคล้อง
7	การนิรนัยปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช	1	วัดได้สอดคล้อง
8	การนิรนัยปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช	1	วัดได้สอดคล้อง
9	การนิรนัยปัจจัยที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของพืช	1	วัดได้สอดคล้อง
10	การนิรนัยผลของสารอาหารต่อการทำงานของร่างกาย	1	วัดได้สอดคล้อง
11	การนิรนัยผลของสารอาหารต่อการทำงานของร่างกาย	1	วัดได้สอดคล้อง
12	การนิรนัยผลของสารอาหารต่อการทำงานของร่างกาย	1	วัดได้สอดคล้อง
13	การนิรนัยความเป็นพิษในอาหาร	1	วัดได้สอดคล้อง
14	การนิรนัยความเป็นพิษในอาหาร	1	วัดได้สอดคล้อง
15	การนิรนัยความเป็นพิษในอาหาร	1	วัดได้สอดคล้อง
16	การนิรนัยความเป็นพิษในอาหาร	1	วัดได้สอดคล้อง
17	การนิรนัยพฤติกรรมที่ส่งผลต่อการทำงานของร่างกาย	1	วัดได้สอดคล้อง
18	การนิรนัยพฤติกรรมที่ส่งผลต่อการทำงานของร่างกาย	1	วัดได้สอดคล้อง
19	การนิรนัยพฤติกรรมที่ส่งผลต่อการทำงานของร่างกาย	1	วัดได้สอดคล้อง
20	การนิรนัยพฤติกรรมที่ส่งผลต่อการทำงานของร่างกาย	1	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 16 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และการแปลความหมายระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัดของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของพืชและอาหารกับการดำรงชีวิต (ต่อ)

ข้อ	จุดประสงค์ที่ต้องการวัดของแบบวัดความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของพืชและอาหารกับการดำรงชีวิต	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	การแปลความหมาย
21	การอุปนัยโครงสร้างการสืบพันธุ์ของพืชดอก	1	วัดได้สอดคล้อง
22	การอุปนัยการสืบพันธุ์ของพืช	1	วัดได้สอดคล้อง
23	การอุปนัยเซลล์ของสิ่งมีชีวิต	1	วัดได้สอดคล้อง
24	การอุปนัยการลำเลียงน้ำของพืช	1	วัดได้สอดคล้อง
25	การอุปนัยแก๊สที่เกิดจากการสังเคราะห์ด้วยแสง	1	วัดได้สอดคล้อง
26	การอุปนัยปัจจัยบางปะการที่จำเป็นต่อการสังเคราะห์ด้วยแสง	1	วัดได้สอดคล้อง
27	การอุปนัยการเจริญเติบโตของพืช	1	วัดได้สอดคล้อง
28	การอุปนัยการเจริญเติบโตของพืช	1	วัดได้สอดคล้อง
29	การอุปรนัยการเจริญเติบโตของพืช	1	วัดได้สอดคล้อง
30	การอุปรนัยการเจริญเติบโตของพืช	1	วัดได้สอดคล้อง
31	การอุปนัยอาหารและสารอาหาร	1	วัดได้สอดคล้อง
32	การอุปนัยอาหารและสารอาหาร	1	วัดได้สอดคล้อง
33	การอุปนัยอาหารและสารอาหาร	1	วัดได้สอดคล้อง
34	การอุปนัยการตรวจสอบสารอาหาร	1	วัดได้สอดคล้อง
35	การอุปนัยวัตถุเจือปนในอาหาร	1	วัดได้สอดคล้อง
36	การอุปนัยวัตถุเจือปนในอาหาร	1	วัดได้สอดคล้อง
37	การอุปนัยการตรวจสอบสารอาหาร	1	วัดได้สอดคล้อง
38	การอุปนัยการตรวจสอบสารอาหาร	1	วัดได้สอดคล้อง
39	การอุปนัยอาหารและสารอาหาร	1	วัดได้สอดคล้อง
40	การอุปนัยอาหารและสารอาหาร	1	วัดได้สอดคล้อง

ตารางที่ 17 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบวัดการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.56	0.44
2	0.45	0.44
3	0.67	0.67
4	0.61	0.56
5	0.44	0.33
6	0.34	0.44
7	0.61	0.56
8	0.67	0.67
9	0.28	0.22
10	0.50	0.56
11	0.50	0.56
12	0.67	0.44
13	0.28	0.22
14	0.56	0.44
15	0.50	0.56
16	0.45	0.44
17	0.39	0.33
18	0.72	0.33
19	0.67	0.22
20	0.72	0.56
21	0.28	0.22
22	0.67	0.44
23	0.67	0.44
24	0.61	0.57
25	0.72	0.33

ตารางที่ 17 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบวัดการคิดอย่างมีเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
26	0.78	0.44
27	0.28	0.33
28	0.67	0.44
29	0.61	0.56
30	0.56	0.44
31	0.50	0.78
32	0.61	0.33
33	0.33	0.22
34	0.67	0.22
35	0.39	0.22
36	0.56	0.44
37	0.61	0.56
38	0.56	0.67
39	0.50	0.78
40	0.61	0.78

ตารางที่ 18 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) และการแปลความหมายระหว่างข้อคำถามกับจุดประสงค์ที่ต้องการวัดของแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของพืชและอาหารกับการดำรงชีวิต

ข้อ	จุดประสงค์ที่ต้องการวัดของแบบวัดความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิต การดำรงชีวิตของพืชและอาหารกับการดำรงชีวิต	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC)	การแปลความหมาย
1	ความเข้าใจเกี่ยวกับประโยชน์ของพืชกับการดำรงชีวิต	1	วัดได้สอดคล้อง
2	ความเข้าใจเกี่ยวกับปัจจัยทางกายภาพที่ส่งผลต่อการดำรงชีวิตของมนุษย์	1	วัดได้สอดคล้อง
3	ความเข้าใจเกี่ยวกับปัจจัยทางกายภาพที่ส่งผลต่อการดำรงชีวิตของพืช	1	วัดได้สอดคล้อง
4	การประยุกต์ความรู้เกี่ยวกับการดูแลสุขภาพ	1	วัดได้สอดคล้อง

ประวัติผู้วิจัย

นางสาวพิธุลาวัณย์ ศุภอุทุมพร เกิดวันที่ 30 มิถุนายน 2520 ที่จังหวัดสระบุรี สำเร็จการศึกษาปริญญาครุศาสตรบัณฑิต สาขามัธยมศึกษา (วิทยาศาสตร์) วิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไปและชีววิทยา จากคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2541 และสำเร็จการศึกษาปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ จากคณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2546 ปัจจุบันดำรงตำแหน่งอาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ฝ่ายมัธยม