ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยา ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย

นายเกรียงไกร อภัยวงศ์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2548
ISBN 974-14-2398-5
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF BIOLOGY INSTRUCTION USING THE HYPOTHETICAL-DEDUCTIVE LEARNING CYCLE ON SCIENTIFIC REASONING ABILITIES AND BIOLOGY CONCEPTS OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS

Mr. Kriangkrai Apaiwong

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of Requirements
for the Degree of Master of Education Program in Science Education
Department of Curriculum, Instruction, and Educational Technology
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic Year 2005

ISBN 974-14-2398-5

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย
โดย	นายเกรียงไกร อภัยวงศ์
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษา	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.พฤทธิ์ ศิริบรรณพิทักษ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(รองศาสตราจารย์ ดร.จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช)

.....อาจารย์ที่ปรึกษา
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์)

.....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เกรียงไกร อภัยวงศ์: ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (EFFECTS OF BIOLOGY INSTRUCTION USING THE HYPOTHETICAL-DEDUCTIVE LEARNING CYCLE ON SCIENTIFIC REASONING ABILITIES AND BIOLOGY CONCEPTS OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS) อ. ที่ปรึกษา: ผศ.ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 160 หน้า.
ISBN 974-14-2398-5

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย 2) เปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย และ 3) เปรียบเทียบมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยกับกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเทพศิรินทร์ แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ภาคปลาย ปีการศึกษา 2548 จำนวน 2 ห้องเรียน โดยกำหนดให้เป็นกลุ่มทดลอง จำนวน 49 คน เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย และกลุ่มควบคุม จำนวน 49 คน เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ 1) แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.87 และ 2) แบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาที่มีค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.89 วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบค่าที (t-test)

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ สูงกว่าร้อยละ 60

2. นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละมโนทัศน์ชีววิทยาต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ ต่ำกว่าร้อยละ 70

3. นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

4. นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ชีววิทยาสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาควิชา	หลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา	ลายมือชื่อนิสิต
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษา
ปีการศึกษา	2548	ลายมือชื่ออาจารย์ที่ปรึกษาร่วม —

4683656027: MAJOR SCIENCE EDUCATION
KEY WORD: THE HYPOTHETICAL-DEDUCTIVE LEARNING CYCLE/ SCIENTIFIC REASONING ABILITIES/ BIOLOGY CONCEPTS

KRIANGKRAI APAIWONG: EFFECTS OF BIOLOGY INSTRUCTION USING THE HYPOTHETICAL-DEDUCTIVE LEARNING CYCLE ON SCIENTIFIC REASONING ABILITIES AND BIOLOGY CONCEPTS OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. THESIS ADVISOR: ASST.PROF.PIMPAN DACHAKUPT,Ph.D. 160 pp. ISBN 974-14-2398-5

This study was a quasi-experimental research. The purposes of this research were to 1) study scientific reasoning abilities and biology concepts of students learning through the hypothetical-deductive learning cycle 2) compare scientific reasoning abilities of students learning through the hypothetical-deductive learning cycle between before and after learning and 3) compare biology concepts of students between groups learning through the hypothetical-deductive learning cycle and conventional teaching method. The sample were two classrooms of mathayom suksa four students in science and mathematics program of Debsirin School in second semester of academic year 2006. They were assigned to be an experimental group with 49 students learning through the hypothetical-deductive learning cycle and a control group with 49 students learning through conventional teaching method. The research instruments were 1) scientific reasoning abilities test with reliability at 0.87 and 2) biology concepts test with reliability at 0.89. The collected data were analyzed by arithmetic means, means of percentage, standard deviation and t-test.

The research findings were summarized as follows:

1. The students learned through the hypothetical-deductive learning cycle had scientific reasoning abilities mean of percentage score higher than 60 percent which was the criterion score of this research.

2. The students learned through the hypothetical-deductive learning cycle had biology concepts mean of percentage score lower than 70 percent which was the criterion score of this research.

3. After the experiment, the students learned through the hypothetical-deductive learning cycle had scientific reasoning abilities mean score higher than before the experiment at 0.05 level of significance.

4. The students learned through the hypothetical-deductive learning cycle had biology concepts mean score higher than those learned through conventional teaching method at 0.05 level of significance.

Department Curriculum, Instruction, and Educational Technology
Field of study Science Education
Academic year 2005

Student's signature Kriangkrai Apaiwong
Advisor's signature
Co-advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องมาจากความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.พิมพันธ์ เดชะคุปต์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ในการให้คำปรึกษา อบรม สั่งสอน ตลอดจนคำแนะนำและข้อคิดต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์และมีคุณค่ายิ่งต่อการวิจัยและการประกอบวิชาชีพครูในอนาคต ผู้วิจัยตระหนักและซาบซึ้งในความกรุณาและปรารถนาดีที่ได้รับจึงขอกราบขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

นอกจากนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.อลิศรา ชูชาติ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้ให้คำแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ตลอดจนผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่กรุณาตรวจสอบ และให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้บริหารสถานศึกษาโรงเรียนเทพศิรินทร์ คณาจารย์โดยเฉพาะอาจารย์ดวงกมล เหมะรัตน์ และอาจารย์รำไพ ฟุ้งขจร ที่คอยห่วงใย ดูแลช่วยเหลือ และให้คำแนะนำต่าง ๆ ระหว่างการดำเนินการวิจัย ตลอดจนนักเรียนทุกคนที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการดำเนินการหาคุณภาพของเครื่องมือ และการวิจัย

อนึ่ง ในการศึกษาในระดับปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิตครั้งนี้ ผู้วิจัยได้รับทุนอุดหนุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อเฉลิมฉลองในวโรกาสที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงเจริญพระชนมายุครบ 72 พรรษา ประจำปีการศึกษา 2546 ของบัณฑิตวิทยาลัย ตลอดหลักสูตรการศึกษา ผู้วิจัยจึงขอกราบขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ท้ายที่สุดนี้ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา และเครือญาติทุกท่านที่คอยห่วงใยและเป็นกำลังใจ ตลอดจนให้การสนับสนุนในทุกด้านสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ และขอขอบคุณมิตรสหายทุกท่านที่คอยห่วงใยและเป็นกำลังใจที่ดีเสมอมา

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย..... ง

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ..... จ

กิตติกรรมประกาศ..... ฉ

สารบัญ..... ช

สารบัญตาราง..... ญ

สารบัญภาพ..... ฎ

บทที่

1 บทนำ..... 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..... 1

วัตถุประสงค์การวิจัย..... 5

สมมติฐานการวิจัย..... 5

ขอบเขตการวิจัย..... 7

ข้อตกลงเบื้องต้น..... 8

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย..... 8

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย..... 9

2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 10

วงจรการเรียนรู้..... 12

แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐาน..... 12

ความหมายของวงจรการเรียนรู้..... 18

ประเภทของวงจรการเรียนรู้..... 19

วงจรการเรียนรู้กับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์..... 21

ขั้นตอนตามวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์..... 23

วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย..... 26

ลักษณะของวงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย..... 26

ขั้นตอนการเรียนการสอนตามวงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย..... 27

บทบาทครู..... 27

บทบาทนักเรียน..... 29

หน้า

บทที่

ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์..... 30
ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์..... 30
ประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์..... 31
แนวทางการวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์..... 33
มโนทัศน์ชีววิทยา..... 37
ความหมายของมโนทัศน์..... 37
ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยา..... 40
ประเภทของมโนทัศน์..... 41
ประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์..... 43
แนวทางการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์..... 45
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..... 48
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้วงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์..... 48
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์..... 58
งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์..... 60
3 วิธีดำเนินการวิจัย..... 66
รูปแบบการวิจัย..... 66
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง..... 67
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย..... 68
การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล..... 74
การวิเคราะห์ข้อมูล..... 75
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล..... 77
ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย..... 77
ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย..... 78

หน้า

บทที่

ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเปรียบเทียบคะแนนมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยกับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ..... 79
5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 80
สรุปผลการวิจัย..... 80
อภิปรายผล..... 81
ข้อเสนอแนะ..... 83
รายการอ้างอิง..... 86
ภาคผนวก..... 94
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ..... 95
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล..... 98
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง..... 122
ภาคผนวก ง คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล..... 155
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์..... 160

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่

1 จำนวนข้อสอบของแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาเรื่อง เอนไซม์และเซลล์ของสิ่งมีชีวิต จำแนกตามเนื้อหาเรื่องเอนไซม์และเซลล์ของสิ่งมีชีวิต..... 72

2 เนื้อหาและจำนวนคาบในการเรียนการสอนชีววิทยา เรื่อง เอนไซม์และเซลล์ของสิ่งมีชีวิต..... 73

3 เกณฑ์การประเมินของกรมวิชาการ..... 76

4 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) ของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย..... 77

5 ค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย..... 78

6 ค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของคะแนนมโนทัศน์ชีววิทยาหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยและนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ..... 79

7 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์..... 156

8 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง เอนไซม์และเซลล์ของสิ่งมีชีวิต..... 158

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่

1 ขั้นตอนตามวงจรการเรียนรู้..... 24

2 รูปแบบการคิดตั้งสมมติฐานแบบนิรนัย..... 26

3 รูปแบบการวิจัยแบบ Two group pretest – posttest design…….. 66

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเป็นปัจจัยสำคัญในการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมให้เจริญก้าวหน้า รวมทั้งเสริมสร้างขีดความสามารถของประเทศในการแข่งขันระดับนานาชาติ ประเทศได้เล็งเห็นความสำคัญของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เนื่องจากความก้าวหน้าทางเทคโนโลยีได้มาเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของบุคคลมากขึ้น และเป็นเครื่องมือสำคัญที่จะช่วยยกระดับมาตรฐานความเป็นอยู่ของประชาชนให้สูงขึ้น ทั้งนี้การจะส่งเสริมพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจะต้องอาศัยการวางรากฐานทางการศึกษาที่มีคุณภาพ ดังนั้นจึงมีความจำเป็นเร่งด่วนที่จะยกระดับการพัฒนาทางด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา เพื่อให้คนไทยทุกคนมีความรู้ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อเป็นรากฐานในการดำเนินชีวิตได้อย่างรู้เท่าทัน และนำไปสู่การพัฒนาที่ยั่งยืน (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2543: 1) ซึ่งสอดคล้องกับพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 ที่ได้กำหนดให้การปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ศึกษาเป็นประเด็นหนึ่งที่จะต้องเร่งดำเนินการให้แล้วเสร็จโดยเร็วเพื่อให้เด็ก เยาวชน และคนไทยทุกคนมีพื้นฐานความรู้ ความเข้าใจ และความคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, 2544: 1) และสอดคล้องกับแนวทางการพัฒนาความเข้มแข็งทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ปรากฏในแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 9 (พ.ศ.2545-2549) ความว่า “เพื่อให้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีบทบาทในการสนับสนุนการฟื้นฟูเศรษฐกิจ และวางรากฐานการพัฒนาอย่างยั่งยืน แนวทางการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในแผนพัฒนาฯ ฉบับที่ 9 จึงมุ่งเน้นการเสริมสร้างพื้นฐานความคิดแบบวิทยาศาสตร์ให้กับสังคมไทย...” (สำนักงานคณะกรรมการพัฒนาการเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, 2544: 79)

จากการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับชาตินับตั้งแต่ปี พ.ศ. 2538-2540 พบว่านักเรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีคะแนนเฉลี่ยในวิชาวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับต่ำกว่าร้อยละ 50 โดยตลอด กล่าวคือ ในปี 2538 ได้คะแนนเฉลี่ย 48.3 และในปี 2540 ในส่วนที่มีการจำแนกรายวิชา พบว่าคะแนนเฉลี่ยของวิชาชีววิทยาเท่ากับ 32.3 ซึ่งอยู่ในระดับที่ต้องปรับปรุง (พิศาล สร้อยธุหร่ำ, 2544: 43) นอกจากนี้ จากผลการดำเนินงานตามแผนพัฒนาการศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม ระยะที่ 8 (พ.ศ. 2540-2544) พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปี 6 ส่วนใหญ่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสะสมในรายวิชาวิทยาศาสตร์เฉลี่ยตั้งแต่ 2.00 ขึ้นไป ต่ำกว่าเป้าหมายมาก โดยมีนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

เพียงร้อยละ 38.49 ที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสะสมในรายวิชาวิทยาศาสตร์เฉลี่ยตั้งแต่ 2.00 ขึ้นไป จากเป้าหมายที่ตั้งไว้ร้อยละ 80 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2545: 21)

จากการศึกษาค้นคว้าเอกสาร บทความ และงานวิจัยของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีพบว่า นักเรียนยังไม่สามารถนำความรู้วิทยาศาสตร์ที่เรียนไปสังเคราะห์ และบูรณาการความรู้ต่าง ๆ เพื่อทำความเข้าใจธรรมชาติและสังคมรอบตัวได้ นักเรียนขาดกระบวนการคิดแบบวิทยาศาสตร์ ไม่สามารถคิดและแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ไม่สามารถพัฒนาวิธีคิดและวิเคราะห์แบบมีเหตุผลได้ และตั้งคำถามไม่เป็น (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2547: 2)

สภาพปัญหาที่กล่าวมานั้นแสดงให้เห็นว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของประเทศยังไม่ตอบสนองต่อพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 และแผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติฉบับที่ 9 (พ.ศ.2545-2549) ทั้งนี้ กระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เป็นปัจจัยสำคัญในการแก้ไขปัญหาดังกล่าว ซึ่งประเทศไทยได้มีความพยายามศึกษาและคิดค้นกระบวนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบต่าง ๆ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผู้เรียน เช่น การเรียนการสอนแบบสืบสอบหาความรู้ ที่เน้นให้มีการถาม-ตอบ การรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์และลงข้อสรุป รวมทั้งการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (พิศาล สร้อยธุหร่ำ, 2544: 33) ซึ่งวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบนั้น เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปในประเทศที่มีความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ดังเช่นที่ เชียพเพตตา (Chiappetta,1997: 22) กล่าวไว้ว่า “ในมาตรฐานการศึกษาวิทยาศาสตร์ของประเทศสหรัฐอเมริกาได้กำหนดให้ การเรียนการสอนแบบสืบสอบเป็นหัวใจของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์” ดังนั้น นักการศึกษาวิทยาศาสตร์จึงได้ศึกษาและพัฒนาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบหลายรูปแบบ และในปี ค.ศ. 1961 คาร์พลัส และคณะ (Karplus and et al.) ได้นำวงจการเรียนรู้ (learning cycle) มาพัฒนาเป็นวิธีการเรียนการสอนแบบสืบสอบแบบหนึ่ง ซึ่งต่อมามีนักการศึกษาวิทยาศาสตร์อีกหลายท่านได้ทำการศึกษาเพิ่มเติม ดังเช่น เรนเนอ อับราฮัม และเบอร์นี (Renner, Abrahum and Birnie, 1988) มาเร็คและเมทเว็น (Marek and Methven, 1991) ลอว์สัน (Lawson, 1995) และ มูชีโนและลอว์สัน (Musheno and Lawson, 1997) เป็นต้น และพบว่าการใช้วงจรการเรียนรู้เป็นวิธีการเรียนการสอนวิธีหนึ่งที่เป็นที่รู้จักและใช้กันแพร่หลายในประเทศสหรัฐอเมริกา

วงจรการเรียนรู้ เป็นวิธีการเรียนการสอนที่ให้นักเรียนใช้การคิดและ/ หรือกระบวนการในการศึกษาค้นคว้าและเรียนรู้อย่างเป็นลำดับขั้นตอนต่อเนื่องกันจนครบวงจร ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางใน

การสร้างความรู้และวิธีการคิดของนักวิทยาศาสตร์ โดยมีพื้นฐานมาจากแนวคิดทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ วงจรการเรียนรู้ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ตามลำดับ ดังนี้ 1) ขั้นการศึกษาสำรวจ 2) ขั้นการสร้างมโนทัศน์ และ 3) ขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ (Purser and Renner, 1983: 86; Martin et al., 1994: 193; Lawson, 1995: 168) ซึ่งนักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ จะมีโอกาสคิดให้เหตุผล และสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาวิทยาศาสตร์หลายท่านได้กล่าวถึงการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้ไว้ ดังนี้

ลอว์สัน (Lawson, 1991: 107) กล่าวถึงการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้ไว้ว่า “การใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ มีเป้าหมายให้นักเรียนได้ใช้วิธีการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานและวิธีคิดของนักวิทยาศาสตร์” และในปี ค.ศ. 1995 ลอว์สัน (Lawson, 1995: 137-135) กล่าวเพิ่มเติมว่า “การใช้วงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีความสอดคล้องกับแนวทางที่นักเรียนใช้ในการสร้างความรู้ นักเรียนมีโอกาสแสดงความคิดเห็น โต้แย้ง และทำการทดสอบความคิดเห็นของตนเอง ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างมโนทัศน์และการพัฒนาแบบแผนการให้เหตุผลด้วยตนเอง” และคาริน (Carin, 1993: 64) ได้กล่าวว่า “การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามวิธีวงจรการเรียนรู้ จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจวิทยาศาสตร์และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ความเข้าใจนั้น ๆ ได้มากขึ้น”

วงจรการเรียนรู้แบ่งออกเป็น 3 ประเภท (Lawson, 1995: 139-143) ดังนี้ 1) วงจรการเรียนรู้แบบบรรยาย (descriptive learning cycle) เป็นวงจรการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนสำรวจและบรรยายสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้โดยไม่มีการอธิบายเหตุและผลของสถานการณ์นั้น ๆ และไม่มีการปฏิบัติทดลองเพื่อนำเสนอข้อมูลที่ได้ โดยครูจะเป็นผู้แนะนำคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ให้ 2) วงจรการเรียนรู้แบบอุปนัยเชิงประจักษ์ (empirical inductive learning cycle) เป็นวงจรการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนสำรวจและบรรยายสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ แล้วตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้สำหรับสถานการณ์นั้น ๆ โดยใช้เหตุผลเชิงอุปมาอุปมัย โดยมีครูเป็นผู้คอยแนะนำ จากนั้นนักเรียนทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นการศึกษาสำรวจ (exploration) แล้วตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้กับสมมติฐานที่ตั้งไว้และสถานการณ์ใหม่ที่ครูกำหนดขึ้น 3) วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย (hypothetical-deductive learning cycle) เป็นวงจรการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนกำหนดและทดสอบสมมติฐานเชิงหาสาเหตุ (causal hypothesis) จากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ด้วยตนเอง โดยออกแบบและปฏิบัติทดลองหรือศึกษาเพื่ออธิบายสถานการณ์นั้น ๆ จากนั้นเปรียบเทียบ วิเคราะห์ และสรุปผล

ข้อมูลที่ได้จากการทดลองหรือการศึกษาเพื่อสร้างมโนทัศน์ แล้วใช้มโนทัศน์ที่เกิดขึ้นไปอธิบายสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งครูเป็นผู้กำหนดขึ้น

จากข้อมูลข้างต้นจะเห็นว่าวงจรการเรียนรู้แบบอุปนัยเชิงประจักษ์และวงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนรินัยมีความคล้ายคลึงกัน แต่มีความแตกต่างกันตรงที่วงจรการเรียนรู้แบบอุปนัยเชิงประจักษ์เน้นให้นักเรียนสังเกตสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ แล้วตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้โดยใช้เหตุผลเชิงอุปมาอุปไมย จากนั้นเก็บรวบรวมข้อมูลแล้วหาความสอดคล้องกับสมมติฐานที่กำหนดไว้ ส่วนวงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยเน้นให้นักเรียนสังเกตสถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้น แล้วตั้งสมมติฐานทางเลือกอย่างมีเหตุผล ออกแบบและทำการทดลองเพื่ออธิบายสถานการณ์ที่ศึกษา จากนั้นเปรียบเทียบ วิเคราะห์ และสรุปข้อมูลเพื่อนำไปสู่การสร้างมโนทัศน์ ทั้งนี้ การฝึกให้นักเรียนกำหนดและทดสอบสมมติฐานทางเลือกอย่างมีเหตุผล การออกแบบและทำการทดลองตามแผนการที่วางไว้จะช่วยส่งเสริมแบบแผนการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน (Lawson, 1985: 569) และช่วยส่งเสริมการเรียนรู้และการสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน(Karplus, 1977: 173-174) ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของจอห์นสันและลอว์สัน (Johnson and Lawson, 1998: 89) ที่พบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ได้คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบบรรยาย และ ผลการศึกษาของลาวี (Lavoie, 1999: 1127) พบว่านักเรียนที่เรียนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้ที่เน้นการตั้งสมมติฐานอย่างมีเหตุผลมีคะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาสูงกว่านักเรียนที่เรียนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบปกติ

ซันด์และทรอว์บริดจ์ (1973: 17) กล่าวไว้ว่า “การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อให้นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์เกี่ยวกับเซลล์ควรให้นักเรียนได้มีโอกาสศึกษาสังเกตและมีประสบการณ์เกี่ยวกับเซลล์” ซึ่งผลการวิจัยของ ฟอล์กเนอร์ (Faulkner, 1992: 879) สนับสนุนคำกล่าวของซันด์และทรอว์บริดจ์ที่พบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยการลงมือปฏิบัติทดลองเกี่ยวกับเซลล์ 3 วิธี ตามจำนวนกลุ่มทดลองมีคะแนนมโนทัศน์เกี่ยวกับเซลล์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนแบบปกติ อย่างไรก็ตามจากการศึกษาของเมอเรย์ (Murrey: 19 อ้างถึงใน ฉันทนา เชาว์ปรีชา, 2533: 11) พบว่านักเรียนมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับกระบวนการออสโมซิส ซึ่งเป็นเนื้อหาส่วนหนึ่งในเรื่องของเซลล์

ดังนั้น จากแนวคิด ทฤษฎี งานวิจัย และประโยชน์ของการใช้วงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะนำวงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยมาใช้ในการเรียนการสอนวิชาชีววิทยา ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง เอนไซม์และเซลล์ของสิ่งมีชีวิต เพื่อต้องการศึกษาเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยาของ

นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยและเรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย
2. เพื่อศึกษามโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มที่เรียนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย
3. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย
4. เพื่อเปรียบเทียบมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยกับกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ

สมมติฐานการวิจัย

จากแนวคิดทฤษฎีที่เกี่ยวข้องกับการใช้วงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เสนอว่า ขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย ขั้นการศึกษาสำรวจ ขั้นการสร้างมโนทัศน์ และขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ ช่วยให้นักเรียนได้ฝึกคิด ฝึกให้เหตุผล และลงมือปฏิบัติทดลองเพื่อสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ด้วยตนเอง (Karplus, 1977: 173-174; Renner et al., 1988: 39) เป็นการส่งเสริมให้นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

มาเร็คและเมทเว็น (Marek and Methven, 1991: 41) ได้ทำการศึกษาผลของการเรียนการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์รูปแบบการอนุรักษ์ พบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ ได้คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์รูปแบบการอนุรักษ์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบบอกให้รู้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของจอห์นสันและลอว์สัน (Johnson and Lawson, 1998: 89) ที่พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ได้คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบบรรยาย

จากผลการศึกษาของลอว์สัน (Lawson, 2001: 165) พบว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพจะช่วยให้นักเรียนสร้างมโนทัศน์อย่างเป็นระบบและช่วยพัฒนารูปแบบการให้เหตุผลของนักเรียน ตลอดจนช่วยให้นักเรียนได้แสดงออกถึงความรู้เดิมของตนเอง และจากการศึกษาของลาวี (Lavoie, 1999: 1127) พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ที่เน้นการตั้งสมมติฐานได้คะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และจากการศึกษาของโอดัมและเคลลี (Odum and Kelly, 2001: 615) พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยวิธีผสมผสานระหว่างวิธีการสร้างผังมโนทัศน์กับวงจรการเรียนรู้ได้คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการแพร่และออสโมซิสสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการอธิบาย และจากการศึกษาของลอเออร์ (Lauer, 2003: 518) พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ร่วมกับการใช้เกมและสถานการณ์จำลองได้คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เกี่ยวกับเนื้อหานิเวศวิทยาสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ

นอกจากนี้ จากการศึกษาของจันทร์พร พรหมมาศ (2541: 129) พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ได้คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ และจากการศึกษาของวิชาญ เลิศลพ (2543: 113) พบว่า นักเรียนที่เรียนตามรูปแบบวงจรการเรียนรู้ นักเรียนที่เรียนตามรูปแบบ สสวท. และ นักเรียนที่เรียนตามรูปแบบวงจรการเรียนรู้รูปแบบผสมผสานระหว่างวงจรการเรียนรู้กับ สสวท. ได้คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ในวิชาฟิสิกส์แตกต่างกัน

จากการประเมินความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาในประเทศสหรัฐอเมริกาพบว่า ค่าเฉลี่ยคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระดับชาติเท่ากับ 61.1 (CAAP Science Reasoning Test – Spring 2000) ซึ่งถือว่าอยู่ในระดับดี และจากเกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ของกรมวิชาการกำหนดไว้ว่า ช่วงคะแนนที่แสดงว่ามีความสามารถในระดับดีถึงดีมาก คือ ร้อยละ 70 ขึ้นไป (กรมวิชาการ, 2525: 158)

จากแนวคิด ทฤษฎี และผลงานวิจัยดังกล่าวข้างต้น ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานในการวิจัย ดังนี้

1. นักเรียนกลุ่มที่เรียนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยจะมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าร้อยละ 60

2. นักเรียนกลุ่มที่เรียนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยจะมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละมโนทัศน์ชีววิทยาสูงกว่าร้อยละ 70

3. นักเรียนกลุ่มที่เรียนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยจะมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

4. นักเรียนกลุ่มที่เรียนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยจะมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ชีววิทยาสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ

ขอบเขตการวิจัย

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

2. ตัวแปรที่ศึกษามีดังนี้

2.1 ตัวแปรจัดกระทำ คือ การเรียนการสอนชีววิทยา ซึ่งแบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ

2.1.1 การเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย

2.1.2 การเรียนการสอนชีววิทยาแบบปกติ

2.2 ตัวแปรตาม คือ

2.2.1 ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

2.2.2 มโนทัศน์ชีววิทยาเกี่ยวกับเอนไซม์และเซลล์ของสิ่งมีชีวิต

2.3 ตัวแปรควบคุม คือ ตัวแปรที่ผู้วิจัยควบคุมให้เหมือนกันทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ดังนี้

2.3.1 ระดับความสามารถทางการเรียนชีววิทยา โดยพิจารณาจากคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ว40103 วิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้งสองกลุ่มที่ไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ

2.3.2 เนื้อหาวิชาและจำนวนเรื่องที่ใช้สอนในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมเป็นเนื้อหาเดียวกัน คือ เนื้อหาในหนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติมชีววิทยา เล่ม 1 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 เรื่อง เอนไซม์และเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ที่จัดทำขึ้นโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กระทรวงศึกษาธิการ

2.3.3 ผู้สอน ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเองทั้งในกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

2.3.4 ระยะเวลาที่สอน จำนวนคาบที่ใช้ในการสอนเนื้อหาแต่ละเรื่องเท่ากันทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม

ข้อตกลงเบื้องต้น

การเรียนในช่วงเวลาต่างกัน เมื่อใช้วิธีสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย และวิธีสอนแบบปกติไม่มีผลต่อคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยา

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. **การเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย** หมายถึง วิธีการจัดการเรียนการสอนที่เป็นลำดับขั้นตอนต่อเนื่องกันจนครบวงจร ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนตามลำดับ ดังนี้

1) ขั้นการศึกษาสำรวจ โดยให้นักเรียนทำกิจกรรม ดังนี้

1.1) ศึกษาสำรวจสถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้น แล้วตั้งคำถามเชิงหาสาเหตุ

1.2) อภิปรายกลุ่มเพื่อนิรนัยสมมติฐาน กำหนดตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม และออกแบบการทดลอง

1.3) ปฏิบัติทดลองหรือการศึกษา

2) ขั้นการสร้างมโนทัศน์ ให้นักเรียนเปรียบเทียบ วิเคราะห์และสรุปผลข้อมูลที่รวบรวมได้จากการทดลองหรือศึกษา รวมทั้งศึกษาคำศัพท์และความรู้เพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องจากการนำเสนอของครู แล้วสรุปสร้างเป็นมโนทัศน์

3) ขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ ให้นักเรียนใช้มโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้อธิบายสาเหตุของสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งครูเป็นผู้กำหนดขึ้น

2. **การเรียนการสอนชีววิทยาแบบปกติ** หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามคู่มือครูสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติมชีววิทยา เล่ม 1 ที่จัดทำขึ้นโดยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 ที่เน้นการสอนแบบสืบสอบ ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ตามลำดับ ดังนี้

2.1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ครูเป็นผู้นำอภิปรายโดยการกำหนดปัญหา

2.2 ขั้นกิจกรรมการเรียนรู้

2.2.1 ขั้นอภิปรายก่อนการทดลองหรือการศึกษา ครูและนักเรียนร่วมกันตั้งสมมติฐาน ครูแนะนำและทบทวนหน้าที่ของวัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลองหรือการศึกษาตลอดจนข้อควรระวังในการทำการทดลองหรือศึกษา

2.2.2 ขั้นปฏิบัติทดลองหรือการศึกษา นักเรียนทำการทดลองหรือศึกษาด้วยตนเอง พร้อมทั้งบันทึกผลการทดลองหรือศึกษา

2.2.3 ขั้นอภิปรายหลังการทดลองหรือการศึกษา นักเรียนนำเสนอข้อมูลและสรุปผลการทดลอง

2.3 ขั้นสรุป ครูนำอภิปรายโดยใช้คำถามเพื่อชักนำให้นักเรียนไปสู่ข้อสรุปและมโนทัศน์ที่สำคัญของบทเรียน

3. **ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์** หมายถึง ความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียนเพื่อใช้ในการวิเคราะห์สถานการณ์หรือทำนายผล ซึ่งประกอบด้วยการให้เหตุผล 2 แบบ คือ การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบนิรนัย และ การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบอุปนัยของมิลล์ ซึ่งความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ วัดได้จากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มีลักษณะเป็นแบบปรนัย 5 ตัวเลือก ข้อสอบแต่ละข้อถามเกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ทั่วไป โดยกำหนดสถานการณ์ปัญหาให้ อาจมีบทความ รูปภาพ หรือคำอธิบายประกอบภาพเพื่อเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหานั้น ซึ่งนำไปสู่ข้อคำถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

4. **มโนทัศน์ชีววิทยา** หมายถึง ความคิด ความเข้าใจโดยสรุปเกี่ยวกับเนื้อหาชีววิทยา เรื่อง เอนไซม์และเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอนชีววิทยาใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยและจากการเรียนการสอนแบบปกติ ซึ่งวัดได้จากแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา มีลักษณะเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา และตอนที่ 2 เป็นเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่ 1 ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้น

5. **นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย** หมายถึง นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียนสังกัด สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย

เป็นแนวทางในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์ แนวทางหนึ่งที่มุ่งพัฒนาและส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียน

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้ มุ่งศึกษาผลของการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับวงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และมโนทัศน์ชีววิทยา โดยนำเสนอรายละเอียดเป็นหัวข้อตามลำดับดังต่อไปนี้

1. วงจรการเรียนรู้
    - 1.1 แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐาน
    - 1.2 ความหมายของวงจรการเรียนรู้
    - 1.3 ประเภทของวงจรการเรียนรู้
    - 1.4 วงจรการเรียนรู้กับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
    - 1.5 ขั้นตอนตามวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
2. วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย
    - 2.1 ลักษณะของวงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย
    - 2.2 ขั้นตอนการเรียนการสอนตามวงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย
    - 2.3 บทบาทครู
    - 2.4 บทบาทนักเรียน
3. ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
    - 3.1 ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
    - 3.2 ประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
    - 3.3 แนวทางการวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
4. มโนทัศน์ชีววิทยา
    - 4.1 ความหมายของมโนทัศน์
    - 4.2 ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยา
    - 4.3 ประเภทของมโนทัศน์
    - 4.4 ประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
    - 4.5 แนวทางการวัดมโนทัศน์ชีววิทยา

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

    5.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้วงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

    5.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

    5.3 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

1. วงจรการเรียนรู้ (Learning cycle)

การศึกษาเกี่ยวกับการใช้วงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยหัวข้อดังต่อไปนี้ แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐาน ความหมายของวงจรการเรียนรู้ ประเภทของวงจรการเรียนรู้ วงจรการเรียนรู้กับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และขั้นตอนตามวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

1.1 แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐาน

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามวงจรการเรียนรู้มีแนวคิดพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget's theory of cognitive development) โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ฌอง เพียเจต์ (Jean Piaget) เป็นทั้งนักปรัชญา นักจิตวิทยา และนักชีววิทยาชาวสวิตเซอร์แลนด์ ผู้ซึ่งพัฒนาโมเดลอธิบายวิธีการรวบรวมและจัดระบบข้อมูลเกี่ยวกับสถานการณ์ทางธรรมชาติของมนุษย์ และสร้างทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของมนุษย์ตั้งแต่วัยแรกเกิดจนถึงวัยผู้ใหญ่ โดยเพียเจต์เชื่อว่ามนุษย์ทุกคนมีลักษณะพื้นฐานที่มีมาแต่กำเนิด 2 ลักษณะ (Wollfolk, 1995: 30-31) คือ การจัดระบบโครงสร้างทางความคิด (organization) และ การปรับโครงสร้างทางความคิด (adaptation)

1. การจัดระบบโครงสร้างทางความคิด (organization)

เป็นกระบวนการจัดและรวบรวมความรู้และกระบวนการต่าง ๆ เข้าสู่โครงสร้างทางความคิดอย่างเป็นระบบระเบียบและต่อเนื่อง ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลาตราบเท่าที่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม โดยโครงสร้างทางความคิด (schema) เป็นส่วนประกอบพื้นฐานของความคิดที่จัดระบบและเก็บรวบรวมประสบการณ์และความรู้ในอดีต โดยอาจจะบรรจุทั้งความรู้และกระบวนการ ตัวอย่างเช่น โครงสร้างทางความคิดเกี่ยวกับไฟฟ้า อาจจะบรรจุความรู้เกี่ยวกับศัพท์เทคนิคเกี่ยวกับไฟฟ้า กระบวนการต่อวงจรไฟฟ้า ข้อมูลเกี่ยวกับหน้าที่และการใช้เครื่องมือวัดทางไฟฟ้า และหลักความปลอดภัยเกี่ยวกับไฟฟ้า เป็นต้น (Wollfolk, 1995: 30; สุรางค์ โค้วตระกูล, 2541: 48)

2. กระบวนการปรับโครงสร้างทางความคิด (adaptation)

เป็นกระบวนการปรับโครงสร้างทางความคิดให้สอดคล้องกับประสบการณ์และความรู้ใหม่ ๆ ที่ได้รับเพื่อให้เกิดภาวะสมดุล ซึ่งกระบวนการปรับโครงสร้างทางความคิดมีกระบวนการพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง 2 กระบวนการ (Wollfolk, 1995: 31; สุรางค์ โค้วตระกูล, 2541: 48) คือ

2.1 การซึมซับเข้าสู่โครงสร้าง (assimilation)

การซึมซับเข้าสู่โครงสร้าง คือ กระบวนการที่ผู้เรียนพยายามทำความเข้าใจต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งอาจจะเป็นสถานการณ์ สถานการณ์ หรือวัตถุ โดยเชื่อมโยงเข้ากับความรู้หรือโครงสร้างทางความคิดที่มีอยู่ (existing schema) (Wollfolk, 1995: 31; สุนีย์ คล้ายนิล, 2521: 14-15)

2.2 การปรับโครงสร้าง (accommodation)

การปรับโครงสร้าง คือ กระบวนการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางความคิดที่มีอยู่เพื่อตอบสนองต่อสถานการณ์ใหม่ที่เกิดขึ้น กล่าวคือ ถ้าข้อมูลของสถานการณ์ใหม่ที่เกิดขึ้นไม่สามารถเชื่อมโยงเข้ากับโครงสร้างทางความคิดที่มีอยู่ได้ ก็จะเกิดการปรับโครงสร้างทางความคิดให้สอดคล้องกับข้อมูลนั้น ๆ (Wollfolk, 1995: 31; สุนีย์ คล้ายนิล, 2521: 14-15)

ดังนั้น การซึมซับเข้าสู่โครงสร้างจึงเป็นกระบวนการปรับสิ่งแวดล้อมภายนอกให้สอดคล้องกับโครงสร้างทางความคิดที่มีอยู่ และการปรับโครงสร้างจึงเป็นการปรับโครงสร้างทางความคิดที่มีอยู่ให้สอดคล้องกับสิ่งแวดล้อมภายนอกแล้วเกิดเป็นโครงสร้างทางความคิดใหม่ (new schemata) ขึ้นมา แต่อย่างไรก็ตามทั้งการซึมซับเข้าสู่โครงสร้างและการปรับโครงสร้างจะเกิดขึ้นพร้อม ๆ กัน โดยเมื่อมีการปรับและรับข้อมูลเข้าสู่โครงสร้างทางความคิด สติปัญญาของเด็กจะค่อย ๆ ปรับเปลี่ยนและมีพัฒนาการมากขึ้นตามลำดับ

พัฒนาการทางสติปัญญาของเด็กมีความสำคัญต่อการเพิ่มเติมข้อเท็จจริงและแนวความคิดใหม่ ๆ เข้าสู่โครงสร้างทางความคิดที่มีอยู่ ทั้งนี้เพียเจต์ได้ระบุไว้ว่าพัฒนาการทางสติปัญญาของแต่ละบุคคลจะเกิดขึ้นเร็วหรือช้านั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ (Woolfolk, 1995: 30-31) ดังต่อไปนี้

1. วุฒิภาวะทางกายภาพ (physical maturation)

วุฒิภาวะทางกายภาพ หมายถึง การเจริญเติบโตทางชีววิทยาของระบบประสาทส่วนกลางและส่วนต่าง ๆ ของร่างกายของเด็กแต่ละคนที่จะใช้สร้างมโนทัศน์ เมื่อเด็กมีพัฒนาการทางชีวภาพสูงขึ้นจะมีความสามารถในการแสดงพฤติกรรมและการเรียนรู้จากสิ่งแวดล้อมรอบตัวสูงขึ้นตามไปด้วย หากเด็กกระทำต่อสิ่งแวดล้อม เช่น การศึกษาสำรวจ ทดสอบ สังเกต และจัดรวบรวมข้อมูล นั่นคือ เด็กกำลังเปลี่ยนแปลงกระบวนการคิดของตน

2. ประสบการณ์ทางกายภาพ (physical experience)

ประสบการณ์ทางกายภาพ หมายถึง ประสบการณ์ที่เกิดขึ้นจากการที่เด็กมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบตัว แล้วรับรู้และสร้างตัวแทนความคิดเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุ

3. ปฏิสัมพันธ์ทางสังคม (social interaction)

ปฏิสัมพันธ์ทางสังคม หมายถึง ปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่น ๆ ซึ่งจะนำไปสู่การถ่ายทอดความรู้ทางสังคม หากไม่มีกระบวนการดังกล่าวแล้ว เด็กต้องสร้างความรู้ทั้งหมดด้วยตนเอง ทั้งนี้ความสามารถในการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคม ขึ้นอยู่กับพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็กแต่ละคน

4. ภาวะสมดุลทางสติปัญญา (equilibration)

ภาวะสมดุลทางสติปัญญา หมายถึง กระบวนการเรียนรู้การกำกับตนเองเกี่ยวกับการรับรู้ถึงความไม่สอดคล้องระหว่างภาวะความเป็นจริงกับความคิดของแต่ละบุคคล ตลอดจนการทำงานอย่างกระตือรือร้นและอดทนต่อการแก้ปัญหาความไม่สอดคล้องโดยผ่านกระบวนการซึมซับเข้าสู่โครงสร้างและการปรับโครงสร้างทางความคิด ทำให้เกิดภาวะสมดุลระหว่างประสบการณ์ใหม่กับความรู้เดิมที่มีอยู่

ขั้นพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์

เพียเจต์แบ่งขั้นพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็กออกเป็น 4 ขั้น เริ่มตั้งแต่วัยแรกเกิดจนถึงวัยผู้ใหญ่ ซึ่งในแต่ละขั้นจะสัมพันธ์กับช่วงอายุเฉพาะของเด็ก โดยมีลำดับขั้นดังต่อไปนี้

1. ขั้นการรับรู้ด้วยประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหว (The sensorimotor stage)
2. ขั้นก่อนปฏิบัติการคิด (The preoperational stage)
3. ขั้นปฏิบัติการคิดแบบรูปธรรม (The concrete operational stage)
4. ขั้นปฏิบัติการคิดแบบนามธรรม (The formal operational stage)

ขั้นการรับรู้ด้วยประสาทสัมผัสและการเคลื่อนไหว (The sensorimotor stage)

พัฒนาการในขั้นนี้เริ่มตั้งแต่วัยแรกเกิดจนถึงอายุประมาณ 2 ปี โดยเด็กจะมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบตัวโดยใช้ประสาทสัมผัสและกล้ามเนื้อเป็นหลัก ทั้งนี้เด็กจะสร้างความรู้ความเข้าใจขั้นพื้นฐานเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมโดย การจับ มอง ขว้างปา เคลื่อนย้าย หรืออื่น ๆ แล้วสั่งสมเป็นประสบการณ์ ซึ่งประสบการณ์เหล่านี้จะช่วยพัฒนาทักษะทางปัญญาขั้นพื้นฐานอันมี

ความสำคัญต่อการพัฒนาการทางสติปัญญาขั้นต่อไป ดังนั้นประสบการณ์ที่ดีของเด็กจะช่วยให้เด็กมีสติปัญญาที่ดีในอนาคต อย่างไรก็ตาม ในช่วงต้นของขั้นนี้เด็กยังไม่สามารถคิดโดยปราศจากการลงมือปฏิบัติได้ เนื่องจากเด็กที่อยู่ในขั้นนี้ยังไม่มีจินตนาการ (imagination) เกี่ยวกับวัตถุหรือการกระทำ กล่าวคือ สิ่งใดที่ไม่อยู่ในสายตา ก็จะไม่มีการคิดเกี่ยวกับสิ่งนั้นเกิดขึ้น

นอกจากนี้ ในขั้นพัฒนาการนี้ เด็กเริ่มตอบสนองต่อวัตถุที่อยู่รอบตัวโดยแสดงปฏิกิริยาสะท้อนกลับที่มีมาแต่กำเนิด (innate reflextion) โดยเด็กจะแสดงปฏิกิริยาสะท้อนกลับในลักษณะที่แตกต่างกันออกไปในแต่ละวัตถุ ดังนั้นเด็กจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับสมบัติของวัตถุนั้น ๆ ซึ่งเด็กจะใช้สมบัติของวัตถุเหล่านั้นในการแก้ปัญหาเชิงปฏิบัติ โดยในช่วงปลายของพัฒนาการในขั้นนี้เด็กจะสามารถระลึกสมบัติของวัตถุใด ๆ ได้โดยไม่ต้องเห็นหรือสัมผัสกับวัตถุนั้น ๆ อีกครั้ง ทั้งนี้การกระทำของเด็กในขั้นนี้เป็นการกระทำอย่างมีมีเป้าหมาย (goal-directed action) รวมถึงเด็กจะมีความสามารถในการจัดจำแนกและสามารถจินตนาการได้ กล่าวคือ เด็กสามารถจะเรียกชื่อบุคคล สัตว์ วัตถุ หรือกิจกรรมได้ และในอายุขวบปีที่ 2 เด็กจะจำชื่อสิ่งต่าง ๆ และกิจกรรมได้หลากหลายซึ่งจะทำให้เด็กเกิดการขยายมโนทัศน์ของในพัฒนาการขั้นต่อไป (Sund and Trowbridge, 1973: 41-43; Wollfolk, 1995: 32-33; สุนีย์ คล้ายนิล, 2521: 15)

ขั้นก่อนปฏิบัติการคิด (The preoperational stage)

พัฒนาการในขั้นนี้เริ่มตั้งแต่อายุประมาณ 2 ถึง 7 ปี ในขั้นนี้เด็กมีพัฒนาการต่อเนื่องในเรื่องของการลงมือปฏิบัติ กล่าวคือ เด็กต้องมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมโดยการลงมือปฏิบัติ เช่น เด็กคิดเกี่ยวกับการเคลื่อนวัตถุก่อนที่เขาจะลงมือเคลื่อนย้ายวัตถุนั้นจริง ๆ แต่อย่างไรก็ตาม ความคิดของเด็กยังมีความจำกัดอยู่ในลักษณะของการคิดแบบการใช้เหตุผลด้านเดียว (one-way logic) อีกทั้งเด็กจะเริ่มมีพัฒนาการในการใช้ภาษาและสัญลักษณ์อื่น ๆ ลักษณะสำคัญของเด็กที่มีพัฒนาการอยู่ในขั้นนี้ คือ ยังไม่สามารถคิดย้อนกลับ (reversible thinking) ได้ เช่น ไม่สามารถคิดเกี่ยวกับการอนุรักษ์ของสสาร (conservation of matter) ซึ่งเป็นหลักการที่เกี่ยวข้องกับปริมาณหรือจำนวนของสสารที่คงอยู่แม้ว่าจะมีการเปลี่ยนรูปร่างหรือการจัดเรียงตัวใหม่ ตลอดจนยังไม่สามารถพิจารณาวัตถุหรือปัญหามากกว่า 1 ลักษณะในเวลาเดียวกัน (decentering) ได้ นอกจากนี้เด็กจะยึดความคิดของตัวเองเป็นศูนย์กลาง (egocentric) กล่าวคือ เด็กจะมองโลกหรือประสบการณ์ของบุคคลอื่นจากความคิดหรือมุมมองของตนเอง เช่น เด็กชายธงชัยกลัวสุนัข เขาจะอนุมานว่าเด็กคนอื่น ๆ ก็จะกลัวสุนัขเช่นเดียวกับเขาด้วย หรือ เด็กจะพูดอยู่ตลอดเวลาแม้ว่าจะไม่มีใครฟังเลยก็ตาม (collective monologue) เป็นต้น (Sund and Trowbridge, 1973: 43-47; Wollfolk, 1995: 33-36; สุนีย์ คล้ายนิล, 2521: 15)

ขั้นปฏิบัติการคิดแบบรูปธรรม (The concrete operational stage)

พัฒนาการในขั้นนี้เริ่มตั้งแต่อายุประมาณ 7 ถึง 11 ปี ลักษณะพื้นฐานของเด็กที่อยู่ในขั้นนี้ คือ การคิดของเด็กจะขึ้นอยู่กับการลงมือปฏิบัติ (hands-on) ต่อลักษณะทางกายภาพของวัตถุหรือเหตุการณ์นั้น ๆ เป็นหลัก

ลักษณะสำคัญของเด็กวัยนี้ คือ มีความสามารถในการคิดย้อนกลับ (reversible thinking) การเข้าใจหลักของการอนุรักษ์ และความสามารถในการจัดเข้ากลุ่ม (classification) และการเรียงลำดับ (seriation) ของวัตถุหรือเหตุการณ์ได้ โดยพิจารณาโครงสร้างและหน้าที่ของสิ่งนั้น ๆ มากกว่า 1 ลักษณะในเวลาเดียวกัน แล้วสร้างมโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ (relation concepts) ซึ่งจะทำให้เด็กตอบสนองต่อสิ่งนั้นๆ ได้อย่างมีประสิทธิภาพ นอกจากนี้ เด็กจะเริ่มมีพัฒนาการทางความคิดเชิงเหตุผล โดยมีความจำกัดเฉพาะสิ่งที่ปรากฏอยู่เท่านั้น และที่สำคัญเด็กสามารถตั้งสมมติฐานได้ แต่มีความจำกัด คือ สามารถตั้งสมมติฐานได้เพียง 1 สมมติฐานต่อ 1 ตัวแปรที่เกี่ยวข้องเท่านั้น (Sund and Trowbridge, 1973: 48-49; Wollfolk, 1995: 36-38; สุนีย์ คล้ายนิล, 2521: 16; สุนีย์ คล้ายนิล, 2521: 65)

ขั้นปฏิบัติการคิดแบบนามธรรม (The formal operational stage)

พัฒนาการในขั้นนี้เริ่มตั้งแต่อายุประมาณ 11 ถึง 15 ปี และต่อเนื่องจนถึงวัยผู้ใหญ่ ลักษณะสำคัญของเด็กในวัยนี้คือ สามารถคิดเชิงนามธรรมและเชิงวิทยาศาสตร์ได้ หรืออีกนัยหนึ่งคือ เด็กในวัยนี้เริ่มคิดแบบผู้ใหญ่โดยคิดหาเหตุผลที่นอกเหนือไปจากข้อมูลที่มีอยู่ ใช้การคิดขั้นสูงในการสร้างความรู้ สามารถคิดได้อย่างนักวิทยาศาสตร์ เช่น การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร ตลอดจนสามารถคิดสะท้อนกลับ (reflexive thinking) ได้โดยคิดเกี่ยวกับความคิดของตนเองและสามารถแทนความคิดของตนด้วยสัญลักษณ์ได้

เด็กในวัยนี้สามารถตั้งสมมติฐานนิรนัยอย่างมีเหตุผล (hypothetical-deductive reasoning) เพื่อทดสอบความคิดของตนเองได้ เช่น เมื่อถามว่า อะไรจะเกิดขึ้นเมื่อคนเราไม่ต้องนอน เด็กในวัยอื่น ๆ จะตอบว่า “คนเราต้องนอน” ในขณะที่เด็กในวัยนี้จะตอบโดยอาศัยการตั้งสมมติฐานนิรนัย โดยจะคิดพิจารณาสถานการณ์เชิงสมมติฐาน (hypothetical situation) ซึ่งในที่นี้คือ ถ้าคนไม่ต้องนอน และนิรนัยเหตุผล (reason deductively) จากข้อสันนิษฐานทั่ว ๆ ไปสู่ข้อสันนิษฐานเฉพาะ เช่น มีวันทำงานมากขึ้น มีเงินใช้มากขึ้นในเวลากลางคืน หรือมีสถานบันเทิงเพิ่มมากขึ้น นอกจากนี้ยังสามารถแสดงแบบแผนการคิดให้เหตุผลเชิงอุปนัย (inductive reasoning) ได้มากกว่าเด็กที่อยู่ในช่วง

พัฒนาการขั้นก่อนหน้านี้ (Sund and Trowbridge, 1973: 49-51; Wollfolk, 1995: 39-41; สุนีย์ คล้ายนิล, 2521: 16; สุนีย์ คล้ายนิล, 2521: 70)

คารินและซันด์ (Carin and Sund, 1975: 29-32) ได้อธิบายถึงคุณลักษณะของเด็กที่มีพัฒนาการในขั้นปฏิบัติการคิดแบบนามธรรม สรุปได้ดังนี้

1. นักเรียนไม่จำเป็นต้องอาศัยสิ่งเร้าจากภายนอกเพื่อกระตุ้นกระบวนการคิดของตน

2. นักเรียนสามารถคิดสะท้อนกลับ (reflexive thinking) ได้โดยคิดเกี่ยวกับความคิดของตนเองได้ เช่น หลังจากการปฏิบัติทดลองเสร็จเรียบร้อยแล้ว เมื่อนักเรียนถูกถามเกี่ยวกับวิธีการที่ใช้เพื่อพิสูจน์ผลการทดลองที่ได้ นักเรียนสามารถแสดงหรืออธิบายให้เห็นถึงสิ่งที่ทำได้

3. นักเรียนสามารถคิดในสิ่งที่เป็นไปได้มากกว่าคิดจำกัดเฉพาะข้อเท็จจริง สามารถคิดตรงข้ามกับความเป็นจริง และเข้าใจเกี่ยวกับความเป็นไปได้

4. นักเรียนสามารถตั้งสมมติฐานเชิงนิรนัย (hypothetical-deductive) หรือคิดแบบ ถ้า...แล้ว (if…then)

5. นักเรียนแสดงการคิดและการให้เหตุผลแบบสันนิษฐานความเป็นเหตุเป็นผล (propositional thinking and reasoning) เช่น ถ้า ก แล้ว ข หรือถ้า ข แล้ว ก หรือไม่ ก แล้วไม่ ข หรือไม่ ข แล้วไม่ ก เป็นต้น

6. นักเรียนยอมรับข้อตกลงที่ตรงข้ามกับความจริงเพื่อใช้อภิปรายและทำความเข้าใจเกี่ยวกับการเปรียบเทียบ

7. นักเรียนสามารถควบคุมตัวแปรตัวหนึ่ง ในขณะที่สามารถแยกตัวแปรอีกตัวหนึ่งที่มีผลต่อการทดลองทางวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งนักเรียนที่มีพัฒนาการอยู่ในขั้นปฏิบัติการคิดแบบรูปธรรมมักเกิดความสับสนในเรื่องการบ่งชี้และควบคุมตัวแปร

8. นักเรียนยอมรับการตัดสินและกฎต่าง ๆ ที่ได้จากข้อตกลง

9. นักเรียนมีความสามารถในการคิดแบบนามธรรมมากขึ้น

จากแนวคิดเกี่ยวกับพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ สรุปได้ว่า เมื่อเด็กได้รับประสบการณ์หรือข้อมูลใหม่ ๆ แล้วจะเกิดการซึมซับเข้าสู่โครงสร้างทางความคิดที่มีอยู่ แต่ถ้าโครงสร้างทางความคิดที่มีอยู่ไม่สอดคล้องกับสถานการณ์หรือข้อมูลนั้น ๆ จะทำให้เกิดภาวะอสมดุล จากนั้นเด็กจะค่อย ๆ ปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางความคิดที่มีอยู่เพื่อตอบสนองต่อประสบการณ์ใหม่ที่เกิดขึ้นและเพื่อให้โครงสร้างทางความคิดกลับเข้าสู่ภาวะสมดุลอีกครั้ง ซึ่งทำให้สติปัญญาของเด็กมีพัฒนาการสูงขึ้นต่อไป

1.2 ความหมายของวงจรการเรียนรู้

นักการศึกษาวิทยาศาสตร์หลายท่านได้ให้ความหมายของวงจรการเรียนรู้ไว้ โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

เพอร์เซอร์และเรนเนอร์ (Purser and Renner, 1983: 86) กล่าวว่า “วงจรการเรียนรู้ คือ วิธีการสอน ซึ่งประกอบด้วย ขั้นการศึกษาสำรวจ ขั้นการสร้างมโนทัศน์ และขั้นการขยายความคิดเรียงลำดับต่อเนื่องจนครบวงจร ทั้งนี้วงจรการเรียนรู้มีพื้นฐานมาจากแนวคิดทฤษฎีเกี่ยวกับพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ ซึ่งได้แก่ การซึมซับเข้าสู่โครงสร้างทางความคิด การเกิดภาวะอสมดุล การปรับโครงสร้างทางความคิด และการจัดระบบโครงสร้างทางความคิด”

อับราฮัมและเรนเนอร์ (Abraham and Renner, 1986: 121) กล่าวว่า “วงจรการเรียนรู้ คือ แนวทางการสอนทั่ว ๆ ไปที่สามารถใช้ในการออกแบบเอกสารประกอบหลักสูตรและวิธีในการสอนวิทยาศาสตร์ ซึ่งพัฒนามาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ โดยแบ่งออกเป็น 3 ขั้นตอนตามลำดับดังนี้ ขั้นการศึกษาสำรวจ (exploration) ขั้นการสร้างมโนทัศน์ (concept invention) ขั้นการขยายมโนทัศน์ (concept expansion)”

เรนเนอร์ และคณะ (Renner et al., 1988: 39) กล่าวว่า “วงจรการเรียนรู้ คือ วิธีการสอนและหลักการในการจัดทำหลักสูตรที่พัฒนามาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ โดยประกอบด้วยลำดับขั้นตอน 3 ขั้น ซึ่งมีความสำคัญในการพัฒนาความเข้าใจในมโนทัศน์ ได้แก่ ขั้นการศึกษาสำรวจ (exploration) ขั้นการสร้างมโนทัศน์ (concept invention) และขั้นการขยายความคิด (expansion of the idea)”

มาร์ติน และคณะ (Martin et al., 1994: 193) กล่าวว่า “วงจรการเรียนรู้ คือ วิธีการคิดหรือการดำเนินการที่สอดคล้องกับวิธีการที่นักเรียนใช้ในการเรียนรู้ ทั้งนี้วงจรการเรียนรู้มี 3 ขั้นตอนคือ ขั้นการศึกษาสำรวจ (exploration) ขั้นการสร้างมโนทัศน์ (concept intervention) และขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ (concept application)”

ลอว์สัน (Lawson, 1995: 34) ได้อธิบายเกี่ยวกับวงจรการเรียนรู้ไว้ว่า “ขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้มีลักษณะเป็นไปตามลำดับขั้นตอนของกระบวนการสร้างความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ที่ประกอบด้วยการศึกษาสำรวจสถานการณ์ใหม่ ๆ การสร้างคำอธิบายและมโนทัศน์ใหม่ และการนำ

มโนทัศน์ที่สร้างขึ้นไปใช้ตีความสถานการณ์ที่กำลังศึกษาและสถานการณ์อื่น ๆ ซึ่งมีลักษณะที่คล้ายคลึงกับประสบการณ์ที่กำลังศึกษา”

ลอว์สัน (Lawson, 2001: 168) กล่าวว่า “วงจรการเรียนรู้ คือ แนวทางการจัดการเรียนการสอนแนวทางหนึ่ง ซึ่งประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นการศึกษาสำรวจ (exploration) ขั้นการสร้างมโนทัศน์ (term introduction) และขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ (concept application)”

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2544: 103) กล่าวว่า “วงจรการเรียนรู้ คือ รูปแบบของกระบวนการเรียนรู้ที่นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้คิดค้นขึ้น เพื่อให้ผู้เรียนสามารถใช้วิธีการสืบสอบหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการค้นพบความรู้หรือประสบการณ์การเรียนรู้อย่างมีความหมายด้วยตนเอง โดยมีพื้นฐานมาแนวคิดทฤษฎีคอนสตรักติวิสม์ (constructivsm)”

จากแนวคิดเกี่ยวกับวงจรการเรียนรู้ข้างต้นสรุปได้ว่า วงจรการเรียนรู้ คือ แนวทางการจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้นักเรียนใช้การคิดหรือ/ และการดำเนินการในการค้นคว้าและเรียนรู้อย่างเป็นลำดับขั้นตอน 3 ขั้นตอนต่อเนื่องกันเป็นวงจร ได้แก่ 1) ขั้นการศึกษาสำรวจ 2) ขั้นการสร้างมโนทัศน์ และ3) ขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ ซึ่งสอดคล้องกับวิธีการคิดและแนวทางในการสร้างความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ โดยมีพื้นฐานมาจากแนวคิดทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์

1.3 ประเภทของวงจรการเรียนรู้

นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ต่างประเทศหลายท่านได้จำแนกประเภทของวงจรการเรียนรู้ไว้ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

ลอว์สัน อับราฮัม และเรนเนอร์ (Lawson, Abraham, and Renner, 1989 cited in Minessota K-12 Science framework (online): 2-26) ได้จำแนกวงจรการเรียนรู้ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. วงจรการเรียนรู้แบบบรรยาย (descriptive learning cycle) เป็นวงจรการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนสำรวจ ค้นพบ และบรรยายสถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้น และครูเป็นผู้แนะนำคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์

2. วงจรการเรียนรู้แบบการให้เหตุผลอุปมาอุปไมยเชิงประจักษ์ (empirical-abductive learning cycle) เป็นวงจรการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนตั้งคำถามเชิงหาสาเหตุ (causal

question) จากสถานการณ์ที่ศึกษา และรวบรวมข้อมูลที่จะใช้ทดสอบสมมติฐานที่นักเรียนกำหนดขึ้น โดยครูเป็นผู้แนะนำคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ที่ศึกษา

3. วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย (hypothetical-deductive learning cycle) เป็นวงจรการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนตั้งคำถามเชิงหาสาเหตุ (causal question) จากสถานการณ์ที่ศึกษา แล้วตั้งสมมติฐานทางเลือกที่อาจจะเป็นไปได้ และออกแบบและปฏิบัติทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานที่กำหนดขึ้น วิเคราะห์และเปรียบเทียบข้อมูลที่ได้จากการทดลอง ครูแนะนำคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ และนักเรียนนำมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้ไปอธิบายสถานการณ์อื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

ลอว์สัน (Lawson, 1995: 168) ได้จำแนกวงจรการเรียนรู้ออกเป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. วงจรการเรียนรู้แบบบรรยาย (descriptive learning cycle) เป็นวงจรการเรียนรู้ที่เน้นให้ นักเรียนสำรวจและบรรยายสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้โดยไม่มีการอธิบายเหตุและผลของสถานการณ์นั้น ๆ และไม่มีการปฏิบัติทดลองเพื่อนำเสนอข้อมูลที่ได้ โดยครูจะเป็นผู้แนะนำคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ให้

2. วงจรการเรียนรู้แบบอุปนัยเชิงประจักษ์ (empirical inductive learning cycle) เป็นวงจรการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนสำรวจและบรรยายสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ แล้วตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้สำหรับสถานการณ์นั้น ๆ โดยใช้เหตุผลเชิงอุปมาอุปมัย โดยมีครูเป็นผู้คอยแนะนำ จากนั้นนักเรียนทำการเก็บรวบรวมข้อมูลในขั้นการศึกษาสำรวจ (exploration) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้กับสมมติฐานที่ตั้งไว้และสถานการณ์ใหม่ที่ครูกำหนดขึ้น

3. วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย (hypothetical-deductive learning cycle) เป็นวงจรการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนกำหนดและทดสอบสมมติฐานเชิงเหตุผล (causal hypothesis) จากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ด้วยตนเอง โดยออกแบบและปฏิบัติทดลองหรือศึกษาเพื่ออธิบายสถานการณ์นั้น ๆ จากนั้นเปรียบเทียบ วิเคราะห์ และสรุปผลข้อมูลที่ได้จากการทดลองหรือการศึกษานั้นเพื่อสร้างมโนทัศน์ แล้วใช้มโนทัศน์ที่เกิดขึ้นไปอธิบายสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งครูเป็นผู้กำหนดขึ้น

จากการศึกษาประเภทของวงจรการเรียนรู้ที่นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ต่างประเทศได้จำแนกไว้ สรุปได้ว่า

วงจรการเรียนรู้แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ตามบทบาทของนักเรียนในกิจกรรมการเรียนการสอน ได้แก่

1. วงจรการเรียนรู้แบบบรรยาย เป็นวงจรการเรียนรู้ที่นักเรียนมีบทบาทสำคัญตามลำดับ ดังนี้ 1) ศึกษาสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ 2) บรรยายสิ่งที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ และ 3) รับรู้และทำความเข้าใจในคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์และความรู้เพิ่มเติมที่ครูเป็นผู้แนะนำเพื่อสร้างมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์

2. วงจรการเรียนรู้แบบอุปนัยเชิงประจักษ์ เป็นวงจรการเรียนรู้ที่นักเรียนมีบทบาทสำคัญตามลำดับ ดังนี้ 1) ศึกษาสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ 2) ตั้งคำถามเชิงหาสาเหตุของสถานการณ์นั้น ๆ 3) ตั้งสมมติฐานทางเลือกที่อาจเป็นไปได้โดยการใช้เหตุผลเชิงอุปมาอุปไมย 4) เก็บรวบรวมข้อมูล แล้วหาความสอดคล้องระหว่างข้อมูลกับสมมติฐาน และ5) รับรู้และทำความเข้าใจในคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์และความรู้เพิ่มเติมที่ครูเป็นผู้แนะนำเพื่อสร้างมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์

3. วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย เป็นวงจรการเรียนรู้ที่นักเรียนมีบทบาทสำคัญตามลำดับ ดังนี้ 1) ศึกษาสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ 2) ตั้งคำถามเชิงหาสาเหตุของสถานการณ์นั้น ๆ 3) ตั้งสมมติฐานทางเลือกที่อาจเป็นไปได้อย่างมีเหตุผล 4) ออกแบบและปฏิบัติทดลอง 5) เปรียบเทียบ วิเคราะห์ และสรุปผลข้อมูลที่ได้จากการทดลอง และ6) รับรู้และทำความเข้าใจในคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์และความรู้เพิ่มเติมที่ครูเป็นผู้แนะนำเพื่อสร้างมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์

1.4 วงจรการเรียนรู้กับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

วงจรการเรียนรู้เป็นแนวทาง (approach) การจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ถูกพัฒนาขึ้นในปี ค.ศ. 1961 โดยโรเบิร์ต คาร์พลัส (Robert Karplus) และคณะ เพื่อใช้สำหรับโครงการศึกษาปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ (Science Curriculum Improvement Study: SCIS) โดยประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ ขั้นการศึกษาสำรวจ (exploration) ขั้นการสร้างความรู้ (invention) และขั้นการค้นพบ (discovery) ซึ่งต่อมา บาร์แมน (Charles R. Barman) ได้เปลี่ยนชื่อขั้นตอนที่ 2 และ 3 ใหม่ ตามสิ่งที่เกิดขึ้นในแต่ละขั้น จากเดิมเป็นขั้นการสร้างมโนทัศน์ (concept introduction) และขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ (concept application) ตามลำดับ โดยขั้นตอนเหล่านี้ได้ดำเนินตามกระบวนการพัฒนาทางสติปัญญาตามแนวคิดของเพียเจต์ (Martin, Jr. and et al., 1994: 202; Carin, 1993: 87) และภายหลังจากที่วงจรการเรียนรู้ได้ถูกพัฒนาขึ้น ได้มีนักการศึกษาวิทยาศาสตร์หลายคนให้ความสนใจ

และทำการศึกษาเกี่ยวกับการใช้ วงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ลอว์สัน (Lawson, 1991: 107) กล่าวไว้ว่า “การใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ มีเป้าหมายให้นักเรียนได้ใช้วิธีการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ เพื่อทำความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานและวิธีคิดของนักวิทยาศาสตร์”

คาริน (Carin, 1993: 64) กล่าวไว้ว่า “การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามวิธีวงจรการเรียนรู้จะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้น และสามารถประยุกต์ใช้ความรู้ที่เรียนรู้ได้”

ลอว์สัน (Lawson, 1995: 137-135) กล่าวไว้ว่า “การใช้วงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีความสอดคล้องกับแนวทางที่นักเรียนใช้ในการสร้างความรู้ นักเรียนมีโอกาสแสดงความคิดเห็น โต้แย้ง และทำการทดสอบความคิดเห็นของตนเอง ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างมโนทัศน์และพัฒนาแบบแผนการให้เหตุผลด้วยตนเอง”

ทอลแมนและฮาร์ดี (Tolman and Hardy, 1995 cited in สุนีย์ เหมะประสิทธิ์, : 110) กล่าวไว้ว่า “วงจรการเรียนรู้เหมาะที่จะใช้กับนักเรียนทุกระดับชั้น และเหมาะที่จะใช้กับการสอนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เพราะเน้นทักษะการคิด ซึ่งส่งผลให้นักเรียนค้นพบหรือเรียนรู้ทักษะ และคำนิยามศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างมีความหมายและประสิทธิภาพมากขึ้น”

เกกาและปีเตอร์ (Gega and Peters, 1998: 96) กล่าวไว้ว่า “การใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ช่วยถ่ายทอดความหมายของทักษะและศัพท์ต่าง ๆ ที่นักวิทยาศาสตร์ใช้สู่ประสบการณ์การเรียนรู้ของนักเรียน”

จากแนวคิดของนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ข้างต้นสรุปได้ว่า การใช้วงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้นเน้นให้นักเรียนได้ใช้วิธีการสืบสอบในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ กระบวนการทำงาน และการคิดของนักวิทยาศาสตร์ได้มากขึ้น ตลอดจนสามารถนำความรู้ความเข้าในมโนทัศน์และกระบวนการดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อีกด้วย

1.5 ขั้นตอนตามวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

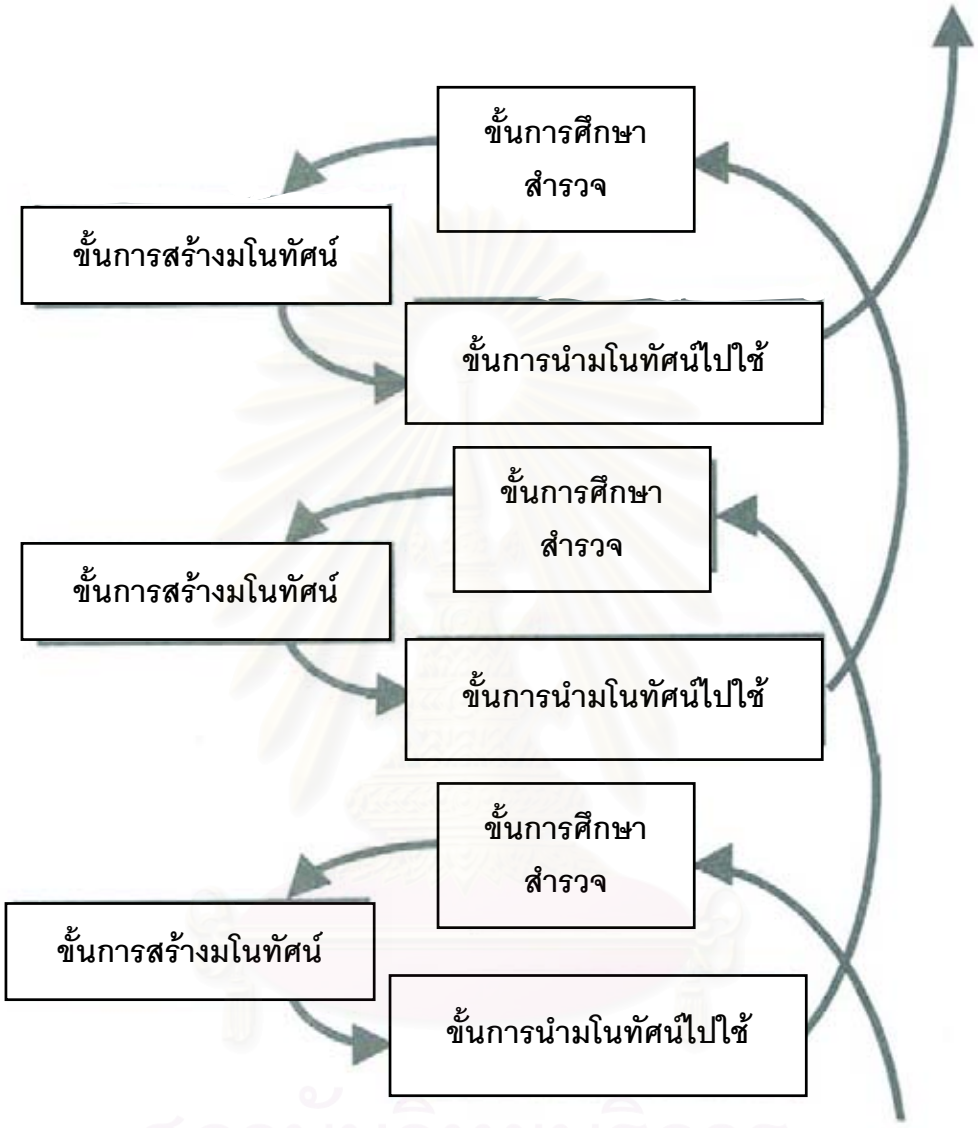
คาร์พลัส และคณะ (Kaplus and et al., 1977: 173-174; Carin, 1993: 64; Lawson, 1995: 136-138; Gega and Peters, 1998: 97-98) ได้แบ่งขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ขั้นตอนตามลำดับต่อเนื่องกัน ดังนี้

1. ขั้นการศึกษาสำรวจ (exploration) ขั้นนี้เป็นขั้นที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดภาวะอสมดุล นักเรียนจะประเมินความรู้เดิมของตนว่ามีความรู้ใดที่สัมพันธ์กับปัญหาที่กำลังศึกษาและเริ่มจัดระบบโครงสร้างทางความคิดของตนเองใหม่ ในขั้นการศึกษาสำรวจ นักเรียนได้รับ ประสบการณ์จากสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นรูปธรรม ได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติ และผลที่เกิดขึ้นจากการลงมือปฏิบัติในสถานการณ์ใหม่ ๆ อย่างอิสระ ผลจากการศึกษาสำรวจทำให้นักเรียนเกิดคำถามสงสัยที่ไม่สามารถใช้แบบแผนการให้เหตุผลแบบเดิมที่เคยใช้มาตอบคำถามนั้นได้ การอภิปรายในกลุ่มขนาดเล็กเป็นสิ่งสำคัญสำหรับการทำกิจกรรมในขั้นนี้ เพราะนักเรียนแต่ละคนจะถูกกระตุ้นให้ตระหนักถึงความสำคัญของความคิดเห็นของตนเองและของผู้อื่น ครูทำหน้าที่เป็นเพียงผู้สังเกต ผู้ซักถาม และผู้ช่วยของนักเรียนเท่านั้น ซึ่งครูอาจแนะนำเพียงเล็กน้อยหรือใช้คำถามเพื่อช่วยแนะแนวทางในการคิดของนักเรียนได้บ้าง ขั้นการศึกษาสำรวจจึงเป็นขั้นการเรียนรู้โดยการค้นพบ และเป็นขั้นที่นักเรียนพร้อมที่จะดำเนินการควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง

2. ขั้นการสร้างมโนทัศน์ (concept introduction) เป็นขั้นที่ต่อจากขั้นการศึกษาสำรวจและมีความสัมพันธ์กับผลที่ได้จากการศึกษาสำรวจ ในขั้นนี้เน้นการถ่ายทอดความรู้ทางสังคมที่นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้จากการอธิบายและได้รับความรู้เพิ่มเติม โดยครูมีบทบาทในการช่วยแนะนำศัพท์หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งครูอธิบายด้วยตนเองหรือใช้ตำราและสื่อต่าง ๆ ก็ได้นักเรียนดำเนินการปรับและจัดโครงสร้างทางความคิดของตน โดยเชื่อมโยงความรู้หรือแบบแผนการให้เหตุผลใหม่ที่กำลังเรียนรู้ให้เข้ากับประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ นักเรียนจะถูกกระตุ้นให้พัฒนาแบบแผนการให้เหตุผลใหม่ ๆ ให้มากเท่าที่จะเป็นไปได้ ขั้นการสร้างมโนทัศน์จึงเป็นขั้นที่ช่วยให้นักเรียนดำเนินการควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง

3. ขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ (concept application) ขั้นนี้นักเรียนมีโอกาสนำมโนทัศน์หรือแบบแผนการให้เหตุผลที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์อื่นเพิ่มเติม นักเรียนลงมือปฏิบัติเพื่อค้นหาแนวทางในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ ซึ่งแสดงให้เห็นถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์นั้นของนักเรียน ขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้จึงเป็นขั้นที่ให้เวลาและประสบการณ์เพิ่มเติมแก่นักเรียนเพื่อดำเนินการควบคุมการเรียนรู้ของตน หากนักเรียนไม่มีโอกาสนำมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่แล้ว นักเรียนจะมีความเข้าใจในมโนทัศน์นั้นเฉพาะสถานการณ์ที่ศึกษาในขั้นการศึกษาสำรวจเท่านั้น เพราะนักเรียนบางคนอาจสร้างความหมายแบบนามธรรม หรือนำมโนทัศน์ไปใช้สรุปอ้างอิงใน

สถานการณ์อื่นยังไม่ได้ ขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้จึงเป็นการเรียนรู้จากการทำซ้ำหรือการฝึกปฏิบัติเพิ่มเติม ซึ่งกิจกรรมในขั้นนี้จะช่วยเหลือนักเรียนที่เรียนช้า



ภาพที่ 1 ขั้นตอนตามวงจรการเรียนรู้ (Lawson, 1995: 138)

บาร์แมน (Barman, 1989: 21-26; cited in Abruscato, 1992: 37) ได้อธิบายเกี่ยวกับขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

1. ขั้นการศึกษาสำรวจ (exploration) ในขั้นนี้นักเรียนมีบทบาทสำคัญในการ เรียนรู้โดยศึกษาสำรวจวัสดุอุปกรณ์ที่ครูจัดเตรียมไว้อย่างกระตือรือร้น ทั้งนี้อาจจะศึกษาเป็นกลุ่มหรือรายบุคคลก็ได้ โดยครูจะทำหน้าที่เป็นผู้สังเกตและตั้งคำถามเพื่อช่วยให้นักเรียนดำเนินการไปสู่เป้าหมายสำคัญของขั้นนี้ได้

2. ขั้นการสร้างมโนทัศน์ (concept introduction) ในขั้นนี้ครูจะมีบทบาทสำคัญ โดยครูรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการศึกษาสำรวจจากนักเรียนแต่ละกลุ่มหรือแต่ละคน จากนั้นแนะนำคำศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่นักเรียนศึกษาเพิ่มเติม โดยครูอาจจะใช้สื่อการเรียนการสอนต่าง ๆ ช่วย เช่น ตำราเรียน วิดีทัศน์ หรือสื่ออื่น ๆ เพื่อให้ผู้เรียนนำไปเชื่อมโยงเข้ากับผลที่ได้จากการศึกษาสำรวจในขั้นต้นซึ่งจะนำไปสู่การสร้างมโนทัศน์

3. ขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ (concept application) ในขั้นนี้นักเรียนจะกลับมามีบทบาทสำคัญอีกครั้ง โดยนำมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้จากขั้นก่อนนี้ไปใช้แก้ปัญหาหรืออธิบายสถานการณ์ใหม่ ๆ ที่ครูกำหนดให้

เกกาและปีเตอร์ (Gega and Peters, 1998: 97-98) ได้อธิบายขั้นตอนตามวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ซึ่งสรุปได้ ดังนี้

1. ขั้นการศึกษาสำรวจ (exploration) นักเรียนสังเกตสถานการณ์หรือสิ่งต่าง ๆ ที่ครูจัดเตรียมไว้ให้ ผลที่ได้จากการสังเกตทำให้นักเรียนเกิดคำถามขึ้นในใจ ซึ่งจำเป็นต้องทำการศึกษาสำรวจเพื่อตอบคำถามที่สงสัย โดยปฏิบัติทดลอง รวบรวม จัดกระทำข้อมูล และสื่อความหมายผลที่ได้จากการศึกษาสำรวจต่อเพื่อนนักเรียนด้วยกัน

2. ขั้นการสร้างมโนทัศน์ (concept introduction) ครูเริ่มต้นด้วยการซักถาม รวบรวมผลการศึกษาสำรวจของผู้เรียน แนะนำคำที่ใช้แทนมโนทัศน์ หรือความรู้ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติม และช่วยเหลือให้ผู้เรียนเชื่อมโยงสิ่งเหล่านี้เข้ากับผลที่ได้จากการศึกษาสำรวจเพื่อสร้างมโนทัศน์

3. ขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ (concept application) ผู้เรียนนำมโนทัศน์ที่เกิดขึ้นไปใช้อธิบายสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายคลึงกับสถานการณ์เดิม

จากการศึกษาขั้นตอนตามวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า

วงจรการเรียนรู้เป็นวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ประกอบด้วยขั้นตอนหลักที่เรียงลำดับอย่างต่อเนื่องกัน 3 ขั้นตอน ดังนี้

1) ขั้นการศึกษาสำรวจ (exploration) เป็นขั้นที่นักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง โดยอาศัยประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรม

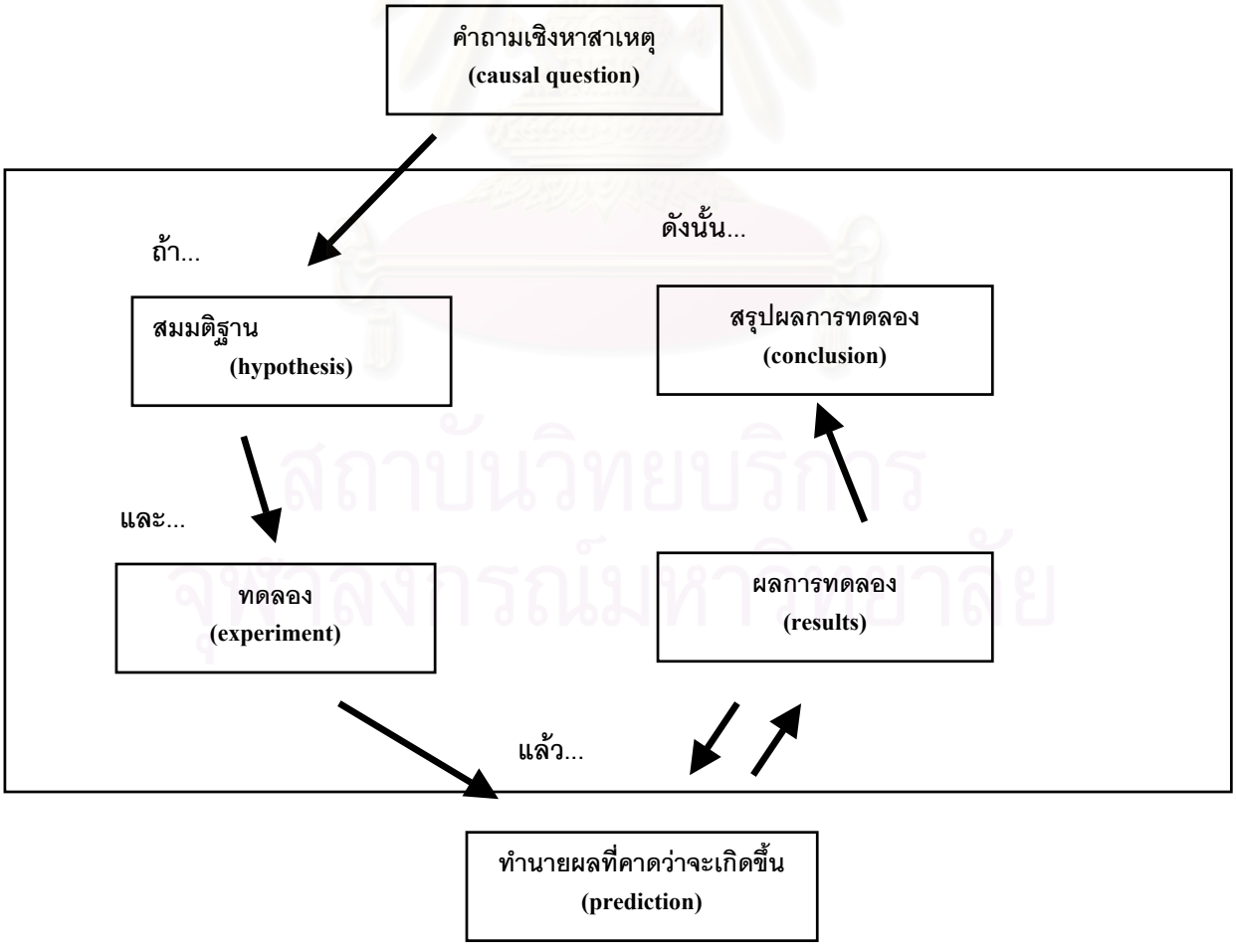
2) ขั้นการสร้างมโนทัศน์ (concept introduction) เป็นขั้นที่นักเรียนสร้างมโนทัศน์โดยนำคำศัพท์หรือหลักการทางวิทยาศาสตร์ หรือความรู้ที่เกี่ยวข้องมาเชื่อมโยงสัมพันธ์เข้ากับผลการศึกษาสำรวจ แล้วสรุปสร้างเป็นมโนทัศน์ด้วยตนเอง

3) ขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ (concept application) เป็นขั้นที่นักเรียนมีการจัดระบบโครงสร้างทางความคิดของตนเอง โดยการนำมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้มาใช้ในการอธิบายหรือแก้ปัญหาสถานการณ์ใหม่ ๆ ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้จะเป็นพื้นฐานในการศึกษาสำรวจในวงจรต่อไป

2. **วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย** (Hypothetical deductive learning cycles)

2.1 **ลักษณะของวงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย**

เป็นวงจรการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนกำหนดและทดสอบสมมติฐานเชิงเหตุผล (causal hypothesis) จากสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ด้วยตนเอง โดยออกแบบและปฏิบัติทดลองหรือศึกษาเพื่ออธิบายสถานการณ์นั้น ๆ จากนั้นเปรียบเทียบ วิเคราะห์ และสรุปผลข้อมูลที่ได้จากการทดลองหรือการศึกษานั้นเพื่อสร้างมโนทัศน์ แล้วใช้มโนทัศน์ที่เกิดขึ้นไปอธิบายสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งครูเป็นผู้กำหนดขึ้น



ภาพที่ 2 รูปแบบการคิดตั้งสมมติฐานแบบนิรนัย (Lawson, 1995: 145)

2.2 ขั้นตอนการเรียนการสอนตามวงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย (Hypothetical-deductive learning cycles)

1. ครูกำหนดมโนทัศน์ที่จะสอน
2. ครูกำหนดสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์
3. ขั้นการศึกษาสำรวจ: นักเรียนศึกษาสำรวจสถานการณ์ที่ครูกำหนด แล้วตั้งคำถามเชิงหาสาเหตุ หรือผู้ตั้งคำถามอาจเป็นครู
4. การอภิปรายในชั้นเรียนเพื่อตั้งสมมติฐาน และนักเรียนทำงานเป็นกลุ่มเพื่อนิรนัยสมมติฐานและออกแบบการทดลอง
5. นักเรียนปฏิบัติทดลอง/ ทำการศึกษาเพื่อทดสอบสมมติฐาน
6. ขั้นการสร้างมโนทัศน์: นักเรียนเปรียบเทียบ วิเคราะห์ และสรุปผลข้อมูล เพื่อนำไปสู่การสร้างมโนทัศน์
7. ขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้: นักเรียนศึกษาสำรวจหรืออภิปรายเกี่ยวกับสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้ ซึ่งครูเป็นผู้กำหนดขึ้น

2.3 บทบาทครู

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามวงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย ครูควรมีบทบาทดังต่อไปนี้

การเตรียมตัวก่อนดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน

1) ศึกษาแนวคิดทฤษฎีและวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยให้เกิดความเข้าใจอย่างชัดเจน

ขั้นการศึกษาสำรวจ

2) กำหนดสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่จะสอนให้เป็นที่สนใจของนักเรียน โดยศึกษาแผนการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในต่างประเทศเพื่อให้มองเห็นแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนที่หลากหลาย แล้วนำมาประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมกับธรรมชาติของนักเรียนไทย

3) กระตุ้นให้นักเรียนสังเกตสถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้นอย่างละเอียดถี่ถ้วน โดยการใช้คำพูดโน้มน้าวใจให้นักเรียนมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างสถานการณ์ที่ศึกษาสำรวจกับกระบวนการดำรงชีวิตประจำวันของตนเอง ซึ่งท่าทางและน้ำเสียงของครูมีความสำคัญยิ่งต่อพฤติกรรมของนักเรียน

4) กระตุ้นให้นักเรียนตั้งคำถามเชิงหาสาเหตุจากการศึกษาสำรวจสถานการณ์ โดยการพูดชักนำให้นักเรียนเชื่อมโยงความสงสัยในสถานการณ์ที่ศึกษาสำรวจกับสิ่งที่เกิดขึ้นแล้วตั้งเป็นคำถาม

5) กระตุ้นให้นักเรียนตั้งสมมติฐานนิรนัยที่อาจเป็นไปได้สำหรับคำถามเชิงสาเหตุที่กำหนดขึ้น โดยการเสนอกฎหรือหลักการทั่วไปที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่เรียน แล้วให้นักเรียนนิรนัยสมมติฐานจากกฎหรือหลักการนั้น ๆ

6) แนะนำและ/ หรือทบทวนหน้าที่ของอุปกรณ์และเครื่องมือที่นักเรียนสามารถใช้ในการทดลองหรือศึกษาเพื่อทดสอบสมมติฐาน

7) กระตุ้นให้นักเรียนออกแบบการทดลองหรือการศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่เรียนด้วยตนเอง โดยการแนะนำขั้นตอนอย่างคร่าว ๆ เพื่อให้นักเรียนได้มองเห็นแนวทางในการออกแบบการทดลองหรือการศึกษา

8) เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติการทดลองหรือการศึกษาย่างอิสระโดยอยู่บนพื้นฐานของเหตุและผล และบักทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองให้ได้มากที่สุด

9) กระตุ้นให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนนักเรียนด้วยกัน รวมทั้งปฏิสัมพันธ์กับครู โดยเดินสังเกตพฤติกรรมขณะปฏิบัติการทดลองของนักเรียนแต่ละกลุ่ม และ/ หรือใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนภายในกลุ่มมีความสนใจในบทบาทของกันและกัน

10) กระตุ้นให้นักเรียนใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ให้มากที่สุด

11) กระตุ้นให้นักเรียนอภิปราย โต้แย้ง และแสดงความคิดเห็นของตนเองให้มากที่สุด และใช้หลักฐานต่าง ๆ ในการสนับสนุนความคิดเห็น

12) สนับสนุนให้มีการสะท้อนความคิด วิเคราะห์ และวิพากษ์ความคิดเห็นระหว่างเพื่อนนักเรียนด้วยกัน

ขั้นการสร้างมโนทัศน์

13) กระตุ้นให้นักเรียนจัดกระทำและนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการทดลองในรูปแบบที่เหมาะสม โดยการเตรียมนักเรียนให้รู้จักรูปแบบที่ใช้นำเสนอข้อมูลที่หลากหลาย พร้อมทั้งฝึกให้นักเรียนวิเคราะห์ความเหมาะสมระหว่างข้อมูลที่รวบรวมได้กับรูปแบบที่จะใช้นำเสนอ

14) กระตุ้นให้นักเรียนสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง โดยเน้นย้ำว่าต้องสรุปผลการทดลองให้สอดคล้องกับข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ แม้ว่าข้อมูลที่ได้จะแตกต่างจากเพื่อนกลุ่มอื่น ๆ ก็ตาม และควรใช้ภาษาและความเข้าใจของตนเองเป็นเครื่องมือในการสรุปผลการทดลอง

15) จัดเตรียมข้อมูล ความรู้ วัสดุ/ อุปกรณ์ และสื่อต่าง ๆ ที่เหมาะสมและเอื้อต่อการสรุปสร้างมโนทัศน์ในเรื่องนั้น ๆ ของนักเรียน

16) กระตุ้นให้นักเรียนอธิบายเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์ในเรื่องนั้นๆ ด้วยภาษาเขียนหรือภาษาพูดของตนเอง เพื่อตรวจสอบและปรับแก้มโนทัศน์คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

17) นำเสนอมโนทัศน์ในเรื่องนั้น ๆ ที่ถูกต้อง โดยใช้สื่อการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับบริบทภายในห้องเรียน

ขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้

18) กำหนดสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์นั้น ๆ แล้วกระตุ้นให้นักเรียนใช้มโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้อธิบายสาเหตุของสถานการณ์นั้น ๆ อย่างสมเหตุสมผล

2.4 บทบาทนักเรียน

นักเรียนควรมีบทบาทในการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามขั้นตอนวงจรการเรียนรู้ ดังต่อไปนี้

ขั้นการศึกษาสำรวจ

1) ศึกษาสำรวจสถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้นอย่างละเอียดถี่ถ้วน

2) ตั้งคำถามเชิงหาสาเหตุจากการศึกษาสำรวจสถานการณ์

3) ตั้งสมมติฐานนิรนัยที่อาจเป็นไปได้สำหรับคำถามเชิงสาเหตุที่กำหนดขึ้น โดยใช้กฎหรือหลักการที่ครูเสนอให้เป็นเครื่องมือ

4) ทำความรู้จักและ/ หรือทบทวนหน้าที่ของอุปกรณ์และเครื่องมือที่สามารถใช้ในการทดลองหรือศึกษาเพื่อทดสอบสมมติฐาน

5) ออกแบบการทดลองหรือการศึกษาเพื่อให้ได้ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่เรียนด้วยตนเอง โดยการแนะนำขั้นตอนอย่างคร่าว ๆ เพื่อให้นักเรียนได้มองเห็นแนวทางในการออกแบบการทดลองหรือการศึกษา

6) ลงมือปฏิบัติการทดลองหรือการศึกษาย่างอิสระโดยอยู่บนพื้นฐานของเหตุและผล และบักทึกข้อมูลที่ได้จากการทดลองให้ได้มากที่สุด

9) สร้างปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนนักเรียนด้วยกัน รวมทั้งปฏิสัมพันธ์กับครู ขณะดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน

10) ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ในการศึกษาค้นคว้าหาความรู้ให้มากที่สุด

11) อภิปราย โต้แย้ง และแสดงความคิดเห็นของตนเองให้มากที่สุด และใช้หลักฐานต่าง ๆ ในการสนับสนุนความคิดเห็น

12) สะท้อนความคิด วิเคราะห์ และวิพากษ์ความคิดเห็นระหว่าง เพื่อนนักเรียนด้วยกัน

ขั้นการสร้างมโนทัศน์

13) จัดกระทำและนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการทดลองในรูปแบบที่เหมาะสม

14) สรุปผลการทดลองให้สอดคล้องกับข้อมูลที่เก็บรวบรวมได้ โดยใช้ภาษาและความเข้าใจของตนเองเป็นเครื่องมือในการสรุปผลการทดลอง

15) ศึกษาและสังเกตข้อมูล ความรู้ วัสดุ/ อุปกรณ์ และสื่อต่าง ๆ ที่ครูจัดเตรียมไว้ให้เพื่อนำไปสู่การสรุปสร้างมโนทัศน์

16) อธิบายเกี่ยวกับความรู้ความเข้าใจในมโนทัศน์ในเรื่องนั้นๆ ให้มากที่สุด ด้วยภาษาเขียนหรือภาษาพูดของตนเอง

17) ศึกษามโนทัศน์ในเรื่องนั้น ๆ ที่ถูกต้อง จากสื่อการเรียนรู้ที่ครูจัดเตรียมไว้

ขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้

18) อธิบายสาเหตุของสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้อย่างสมเหตุสมผล

3. ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

3.1 ความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ลอว์สัน (Lawson, 1985: 571) อธิบายไว้ว่า “การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ คือ การให้เหตุผลแบบนามธรรม ซึ่งเป็นกระบวนการที่บุคคลใช้ในการค้นหา และประเมินหลักฐานต่าง ๆ เพื่อสนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐาน”

ฟรีดเดอร์ และคณะ (Friedler et al., 1990: 173) อธิบายไว้ว่า “การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถที่บุคคลใช้เพื่อบ่งชี้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ วิเคราะห์สถานการณ์ กำหนดสมมติฐาน

ออกแบบการทดลอง สังเกตรวบรวม วิเคราะห์และตีความหมายข้อมูล นำผลที่ได้ไปประยุกต์ใช้ และนำไปใช้เพื่อทำนายผลสถานการณ์อื่นต่อไป”

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2542: 71) ได้อธิบายเกี่ยวกับความหมายของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ไว้ว่า “การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการหนึ่งที่จะได้แนวคิดซึ่งเป็นข้อมูลเบื้องต้นในการเริ่มต้นศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ นักวิทยาศาสตร์ได้ใช้วิธีการคิดหาเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้แนวทางในการค้นคว้าทดลองมาโดยตลอด การคิดหาเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นวิธีการคิดหาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่ปรากฏอยู่กับสิ่งที่มนุษย์ต้องการจะรู้ หรืออาจกล่าวอีกนัยหนึ่งว่าเป็นการสรุปความรู้ใหม่จากสิ่งที่รู้อยู่โดยใช้เหตุใช้ผล ใช้ความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ที่มีอยู่”

จากความหมายดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ เป็นวิธีการที่บุคคลใช้เพื่อหาแนวคิดสำหรับเริ่มต้นศึกษาค้นคว้าอย่างเป็นระบบ หรือเป็นความสามารถที่บุคคลใช้เพื่อดำเนินการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ค้นหาข้อมูลหรือหลักฐานซึ่งนำมาใช้สนับสนุนหรือปฏิเสธสมมติฐาน

3.2 ประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ลอว์สัน (Lawson, 1995: 60-61) ได้จำแนกประเภทการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็น 3 แบบ ดังนี้ 1) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบอุปนัยเชิงประจักษ์ (empirical-inductive level) 2) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบกึ่งสมมติฐานนิรนัย (transitional) และ3) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบสมมติฐานนิรนัย (hypothetical-deductive level)

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช (2542: 71-75) ได้จำแนกประเภทของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สรุปได้ว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์อาจแบ่งได้เป็น 3 แบบ ตามลักษณะของความรู้ที่ปรากฏและลักษณะของความรู้ใหม่ที่มนุษย์ต้องการศึกษา ดังนี้

1. การให้เหตุผลแบบนิรนัย (deductive reasoning) เป็นกระบวนการคิดเชื่อมโยงจากความรู้ทั่วไป ไปสู่เรื่องที่เฉพาะเจาะจง หรือความรู้เฉพาะหน่วย โดยใช้หลักการทางตรรก นั่นก็คือ การใช้แนวคิด หลักการ ทฤษฎี หรือกฎ อธิบายสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือหาข้อสรุป ซึ่งเป็นเรื่องเฉพาะหน่วย คำอธิบาย หรือข้อสรุปที่ได้รับคือ ความรู้ใหม่

2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย (inductive reasoning) เป็นกระบวนการคิดเชื่อมโยงเพื่อหาข้อสรุป ที่เป็นหลักการทั่วไปจากความจริงที่รวบรวมได้จากการสังเกตโดยตรง นั่นก็คือ การสรุปอ้างอิงจากเหตุการณ์เฉพาะหน่วยเพื่อให้ได้หลักการทั่วไป ซึ่งเป็นกระบวนการที่กลับกันกับการให้เหตุผลเชิงนิรนัย

3. การให้เหตุผลแบบอุปนัย-นิรนัย (inductive-deductive method) หรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (scientific method) เป็นกระบวนการคิดเพื่อหาข้อสรุป ที่เริ่มจากการสังเกต แล้วสรุปความรู้จากการสังเกต นั่นก็คือ การคิดหรือให้เหตุผลเชิงอุปนัยแล้วตั้งสมมติฐานตามข้อสรุปที่อุปนัยได้ แล้วทำการทดสอบสมมติฐานโดยการรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อพิจารณาว่าข้อมูลที่ได้จะสนับสนุนสมมติฐานหรือไม่ นั่นก็คือถ้าสมมติฐานเป็นจริงเราจะพบอะไร เป็นการลงความเห็นโดยพิจารณาจากหลักการทั่วไปไปสู่เรื่องเฉพาะ ตัวสมมติฐานคือหลักการทั่วไปที่จะต้องทดสอบว่าจริงหรือไม่ ข้อมูลที่รวบรวมไว้เพื่อทดสอบสมมติฐานคือ ข้อสรุปเฉพาะหน่วย นั่นก็คือการให้เหตุผลเชิงนิรนัย

นักปรัชญาและนักการศึกษาหลายท่านได้กล่าวถึงการให้เหตุผลแบบนิรนัยและอุปนัยไว้ ดังนี้

กีรติ บุญเจือ (2547: 21,63) ได้กล่าวถึงการให้เหตุผลแบบนิรนัยและอุปนัย สรุปได้ดังนี้

การให้เหตุผลแบบนิรนัย คือ การแสดงออกของการอ้างเหตุผลอย่างตรง ๆ โดยต้องมี 3 ประโยคตรรกวิทยา เป็นองค์ประกอบ จะมีมากหรือน้อยกว่านี้ไม่ได้ เพราะการอ้างเหตุผลครั้งหนึ่ง ๆ จะต้องมีการตัดสินอยู่ก่อน 2 ครั้ง ซึ่งในการตัดสินทั้ง 2 ครั้งนี้จะต้องมีมโนทัศน์เดียวกันอยู่ส่วนหนึ่ง หมายความว่าในการตัดสินเดิม 2 ครั้งนั้นมีมโนทัศน์อยู่ 3 หน่วย ไม่มากน้อยกว่านั้น เมื่อตัดสินครั้งที่ 3 ก็นำมโนทัศน์อีก 2 หน่วยที่เหลือมาตัดสิน ไม่ได้มีมโนทัศน์ใหม่เพิ่มขึ้น โดยสองประโยคแรกที่มาจากการตัดสิน 2 ครั้งเดิม เรียกว่า ประโยคอ้าง (premises) ส่วนประโยคที่สามที่มาจากการตัดสินสุดท้าย เรียกว่า ประโยคสรุป (conclusion)

การให้เหตุผลแบบอุปนัย คือ การพิสูจน์โดยอ้างประสบการณ์เฉพาะหน่วยสนับสนุนข้อความทั่วไปที่เรายังไม่แน่ใจ เช่น เรา เคยเห็นต้นมะพร้าวมาจำนวนมากแล้ว ปรากฏว่าไม่แตกกิ่งก้านเหมือนต้นไม้อื่น ๆ เราก็อุปนัยเป็นกฎทั่วไปว่า “ต้นมะพร้าวทุกต้นไม่แตกกิ่งก้าน”

ชัชชัย คุ้มทวีพร (2539: 14-15) ได้กล่าวถึงการให้เหตุผลแบบนิรนัยและอุปนัย สรุปได้ดังนี้

การให้เหตุผลแบบนิรนัย คือ การอ้างเหตุผลที่ข้อสรุปเป็นจริง เพราะการยอมรับข้ออ้าง (ว่าเป็นจริง) ซึ่งหมายความว่า ถ้าข้ออ้างทุกข้อของการอ้างเหตุผลเป็นจริงแล้ว ข้อสรุปก็จำเป็นต้องเป็นจริงด้วย หรืออาจกล่าวสั้น ๆ ว่า การอ้างเหตุผลที่ข้อสรุปเป็นจริงตามเงื่อนไขของข้ออ้าง

การให้เหตุผลแบบอุปนัย คือ การอ้างเหตุผลที่ข้ออ้างจริงทุกข้อ แต่ข้ออ้างสนับสนุนข้อสรุปเพียงบางส่วน ดังนั้นข้อสรุปจึงยังมีโอกาสที่จะเป็นเท็จได้ หรืออาจกล่าวได้ว่าถ้าข้ออ้างทุกข้อเป็นจริง ข้อสรุปจะมีโอกาสเป็นจริงสูง

ซันด์และทรอว์บริดจ์ (Sund and Trowbridge, 1973: 12) ได้กล่าวถึงวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

วิธีการทางวิทยาศาสตร์เป็นวิธีที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการแก้ปัญหา และศึกษาค้นคว้าหาความรู้ โดยมีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. กำหนดปัญหา (stating the problem)
2. ตั้งสมมติฐาน (formulating hypotheses)
3. ออกแบบการทดลอง (designing an experiment)
4. ปฏิบัติการทดลอง (making observations)
5. รวบรวมข้อมูลจากการทดลอง (collecting data from the experiment)
6. สรุปผลการทดลอง (drawing conclusion)

จากข้างต้นสรุปได้ว่า การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบ่งออกเป็น 3 แบบ ดังนี้

1. การให้เหตุผลแบบนิรนัย เป็นการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยการใช้หลักการทั่ว ๆ ไปอธิบายเหตุการณ์ย่อย ๆ เฉพาะหน่วย

2. การให้เหตุผลแบบอุปนัย เป็นการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยสังเกตเหตุการณ์ย่อย ๆ เฉพาะหน่วย แล้วสรุปเป็นหลักการ

3. การให้เหตุผลโดยวิธีอุปนัย-นิรนัย เป็นการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้การให้เหตุผลเชิงนิรนัยและอุปนัยร่วมกัน หรือเรียกว่า วิธีการทางวิทยาศาสตร์

3.3 แนวทางการวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

การวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบนิรนัย

การวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบนิรนัยนั้นอาศัยหลักใหญ่ ๆ 2 ประการคือ ตัวปฏิบัติการคิด 16 ตัว (The sixteen binary operations) และการใช้เหตุผลแบบตรรกบท (syllogism) ซึ่งหลักแต่ละประการมีรายละเอียด ดังนี้

1. หลักเกี่ยวกับตัวปฏิบัติการคิด 16 ตัว ซึ่งอินเฮลเดอร์และเพีย์เจต์ (Inhelder and Piaget, 1959: 103-104) ได้กล่าวถึงตัวปฏิบัติการคิด 16 ตัวที่ใช้เป็นหลักการคิดให้เหตุผลแบบนิรนัยตัวปฏิบัติการคิดทั้ง 16 ตัวนี้ใช้เชื่อมประพจน์ 2 ประพจน์เข้าด้วยกัน ผลแห่งการเชื่อมประพจน์จะได้ประพจน์ใหม่ที่ถูกต้องตามหลักตรรกศาสตร์ ตัวปฏิบัติการคิดเหล่านี้ได้แก่

1.1 การเลือกโดยใช้เหตุผล (disjunction) ใช้สันธาน “หรือ” เป็นตัวเชื่อม เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ว่า $p \vee q$ การเชื่อมประโยคเป็นไปในลักษณะที่ว่าถ้าประพจน์ใดประพจน์หนึ่งเป็นจริงหรือเป็นจริงทั้งสองประพจน์ การเชื่อมด้วยตัวปฏิบัติการเลือกโดยใช้เหตุผลก็จะเป็นจริง

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

เมื่อ p แทน ประพจน์ p เป็นจริง, $\bar{p}$ แทน ประพจน์ p เป็นเท็จ

q แทน ประพจน์ q เป็นจริง, $\bar{q}$ แทน ประพจน์ q เป็นเท็จ

1.2 รูปนิเสธของการเลือกโดยใช้เหตุผล (negation of disjunction) รูปนิเสธของ $(p \vee q)$ กล่าวคือ $(p \vee q)$ เป็นเท็จเมื่อ p เป็นเท็จ และ q เป็นเท็จ

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

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

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $p . q$

1.4 รูปนิเสธของการรวมโดยใช้เหตุผล (negation of conjunction) หมายถึง $(p . q)$ ไม่เป็นจริงแสดงว่า p หรือ q เป็นเท็จ หรือเป็นเท็จทั้งสองประพจน์

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

1.5 การเป็นเหตุเป็นผลหรือตัวเงื่อนไข (implication) ใช้สันธาน “ถ้า ... แล้ว ... ” เป็นตัวเชื่อมประพจน์ เขียนเป็นสัญลักษณ์ได้ว่า $(p \ni q)$ หมายความว่า ถ้าประพจน์หนึ่งเป็นจริงแล้วจะทำให้อีกประพจน์เป็นจริงด้วย

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

1.6 รูปนิเสธของตัวเงื่อนไข (negation of implication) เป็นการบอกว่า เงื่อนไขเป็นเท็จ หมายความว่า p เป็นจริง แต่ q เป็นเท็จ

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

1.7 รูปกลับของตัวเงื่อนไข (converse implication)

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

1.8 รูปนิเสธของรูปกลับของตัวเงื่อนไข (negation of converse implication)

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

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

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

1.10 รูปนิเสธของการเท่ากัน (negation of equivalence)

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

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

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

1.12 รูปนิเสธของความสัมพันธ์โดยอิสระของ p ต่อ q (negation of independence of p to q)

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

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

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

1.14 รูปนิเสธของความสัมพันธ์โดยอิสระของ q ต่อ p (negation of independence of q to p)

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

1.15 สัจนิรันดร์ (tuatology)

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

1.16 ความเท็จโดยรูปแบบ (contradiction) หมายความว่า ไม่มีอะไรเลย (0)

เขียนแทนด้วยสัญลักษณ์ $\sim (p * q) = 0$

2. การใช้เหตุผลแบบตรรกบท (syllogism) เป็นการคิดให้เหตุผลแบบนิรนัยตามแนวคิดของอริสโตเติล (Aristotle) (Smiley, 1973: 136) ซึ่งการคิดให้เหตุผลแบบตรรกบทเป็นการคิดให้ เหตุผลจากประโยคอ้างไปยังข้อสรุปเป็นการอ้างเหตุผลที่มีโครงสร้างหรือแบบแผนตายตัวประกอบด้วยประโยคตรรกศาสตร์ 3 ประโยคโดยที่สองประโยคแรกเป็นประโยคอ้าง ส่วนประโยคที่สามเป็นข้อสรุปหรือสิ่งที่ต้องทดสอบ

การวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบอุปนัย

การคิดให้เหตุผลแบบอุปนัยเป็นการคิดให้เหตุผลจากประโยคอ้างที่เป็นความจริงเฉพาะกรณีไปยังข้อสรุปซึ่งเป็นความจริงสากล ในการวัดการคิดให้เหตุผลแบบอุปนัยจะอาศัยหลักการสรุปรวบยอดและหลักการคิดให้เหตุผลแบบอุปนัยของมิลล์ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

การสรุปรวบยอดและหลักการคิดให้เหตุผลแบบอุปนัยของมิลล์เป็นความสามารถในการใช้เหตุการณ์หรือข้อมูลที่กำหนดให้ซึ่งประกอบด้วยเหตุใหญ่และเหตุย่อยแล้วสรุปผลตามเหตุการณ์หรือข้อมูลนั้น ซึ่งจะต้องพิจารณาให้รอบคอบและสรุปอย่างสมเหตุสมผล

มิลล์ ได้รวบรวมวิธีการสรุปผลแบบอุปนัยไว้สำหรับตรวจสอบความสัมพันธ์ของกรณี วิธีการดังกล่าว เรียกว่า วิธีการอุปนัยของมิลล์ ซึ่งมี 4 วิธีคือ

1. วิธีหาความสอดคล้องกัน (method of agreement)

เป็นวิธีการสรุปสาเหตุของผลที่เกิดขึ้นซ้ำ ๆ โดยหาความสอดคล้องของประสบการณ์หลาย ๆ ครั้ง กล่าวคือ ในประสบการหลายครั้งถ้ามีสาเหตุเดียวกันทุกครั้งและเกิดผล อย่างเดียวกันทุกครั้ง ก็สรุปได้ว่าสาเหตุนั้นเป็นสาเหตุของผลนั้น เช่น ถ้าเราเคยถูกแม่ตีหลายครั้งและแต่ละครั้งที่ถูกตีรู้สึกเจ็บ เราก็สรุปได้ว่าการตีเป็นสาเหตุของความเจ็บ

2. วิธีหาความแตกต่าง (method of difference)

เป็นวิธีการสรุปสาเหตุของผลที่เกิดขึ้นแตกต่างออกไปจากเดิม โดยการหาความแตกต่างของประสบการณ์หลาย ๆ ครั้ง กล่าวคือ ในประสบการณ์หลายครั้งที่มีสาเหตุเดียวกันทุกครั้งและมีผลอย่างเดียวกันทุกครั้งต่อมามีสาเหตุอื่นเข้าแทรกเพิ่มเข้ามาและเกิดผลแตกต่างออกไป ก็สรุปสาเหตุที่แทรกเพิ่มเข้ามานั้นเป็นสาเหตุของผลที่แตกต่างออกไป เช่นเคยถูกคุณแม่ตีหลายครั้งและเจ็บทุกครั้ง ครั้งหลังสุดรู้ตัวก่อนที่จะถูกตี จึงนุ่งกางเกงบุหนังข้างในจึงรู้สึกเจ็บและคัน ก็สรุปได้ว่าการนุ่งกางเกงบุหนังข้างในเป็นสาเหตุของอาการคัน

วิธีหาความสอดคล้องและความแตกต่างร่วมกัน (method of agreement and difference) ในการสำรวจส่วนมากมักต้องการทราบทั้งสาเหตุที่สอดคล้องและแตกต่างกันร่วมกันไป

3. วิธีหาส่วนที่เหลือ (method of residues)

เป็นวิธีการสรุปสาเหตุของผลที่เหลือที่เกิดขึ้นในประสบการณ์ใดประสบการณ์หนึ่ง กล่าวคือ ในประสบการณ์เดียวกัน ถ้ามีหลายสาเหตุเกิดผลหลายอย่างร่วมกัน ถ้าทราบสาเหตุใดทำให้เกิดผลใดสามารถแยกสาเหตุนั้นออกไปได้และสาเหตุที่เหลือก็จะเป็นสาเหตุของผลที่เหลือ

4. วิธีหาเหตุผลของสาเหตุต่างระดับ (method of concomitant variation)

เป็นวิธีการสรุปหาเหตุผลเมื่อระดับความเข้มข้นของสาเหตุแตกต่างไปจากเดิม กล่าวคือ ในการศึกษาสถานการณ์บางอย่างระดับหรือความเข้มข้นของสาเหตุเดียวกันทำให้เกิดผลที่แตกต่างกันไป ดังนั้นในการสรุปผลจะต้องคำนึงถึงความแตกต่างของระดับ หรือความเข้มข้นของสาเหตุด้วยเช่น ในการรับประทานยาแก้ปวดชนิดหนึ่งพบว่ารับประทาน 1 เม็ดไม่เกิดผลอันใดแต่รับประทาน 2 เม็ด ทำให้หายปวดศีรษะ และ รับประทาน 10 เม็ดทำให้ตาย เป็นต้น

4. มโนทัศน์ชีววิทยา

4.1 ความหมายของมโนทัศน์

มโนทัศน์ เป็นคำที่แปลมาจากคำว่า concept ในภาษาอังกฤษ ทั้งนี้ได้มีผู้ให้คำแปลเป็นภาษาไทยคำอื่น ๆ ในความหมายเดียวกันนี้อีกหลายคำ เช่น ความคิดรวบยอด สังกัป มโนภาพ มโนคติ หรือ มโนมติ ซึ่งนักจิตวิทยาการศึกษาและนักการศึกษาวิทยาศาสตร์ทั้งในประเทศ และต่างประเทศได้ให้ความหมายของคำว่า มโนทัศน์ ไว้ดังนี้

มอร์สและวินโก (Morse and Wingo, 1955: 249) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า “มโนทัศน์ คือ ภาพทางสติปัญญาหรือนามธรรม ที่ถูกสร้างขึ้นโดยการขยายความรู้จากหลาย ๆ ประสบการณ์ที่มีความคล้ายคลึงกัน”

แมคโดนัล (McDonald, 1960: 134) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า “ มโนทัศน์ คือ การจำแนก หรือการจัดระบบของสิ่งเร้า หรือเหตุการณ์ที่มีลักษณะเฉพาะร่วมกัน ทั้งนี้มโนทัศน์ไม่ใช่ตัวของสิ่งเร้าหรือเหตุการณ์และไม่ใช่ประสบการณ์ที่เกี่ยวกับสิ่งเร้านั้น ๆ แต่เป็นการจัดจำแนกประเภทของสิ่งเร้าและเหตุการณ์”

อีเบล (Ebel, 1972: 323) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า “มโนทัศน์เป็นการเรียนรู้ที่นำไปสู่การคิด เป็นความคงที่ของการตอบสนองต่อสิ่งต่าง ๆ ซึ่งมีการสรุปครอบคลุมและการจำแนกความแตกต่างรวมอยู่ด้วย”

คาร์เตอร์ วี กูด (Good, 1973: 124) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ 3 ประการ คือ

1. ความเห็น หรือสัญลักษณ์ของส่วนประกอบ หรือลักษณะร่วม ที่สามารถจำแนกออกเป็นกลุ่มเป็นพวกได้
2. ความคิดทั่วไปเชิงนามธรรมเกี่ยวกับสถานการณ์ กิจการ หรือวัตถุ
3. ความคิดเห็น ความคิด ความเห็น หรือมโนภาพ

เดอ เซคโคและครอว์ฟอร์ด (DeCecco and Crawford, 1974: 288) ได้อธิบายว่า “มโนทัศน์ คือ กลุ่มของสิ่งเร้าที่มีลักษณะร่วมกัน ซึ่งสิ่งเร้านั้นอาจเป็นวัตถุ เหตุการณ์ หรือบุคคล ตัวอย่างของมโนทัศน์ เช่น หนังสือ สงคราม และนักเรียน เป็นต้น”

เฟลด์แมน (Feldmad, 1990: 259) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้สรุปได้ว่า “มโนทัศน์ คือ การจัดกลุ่มวัตถุ เหตุการณ์ หรือบุคคลที่มีสมบัติคล้ายคลึงกันเข้าด้วยกัน ซึ่งจะทำให้เกิดความเข้าใจในสิ่งต่าง ๆ ได้ง่าย และมโนทัศน์จะทำให้เราจำแนกสิ่งใหม่ ๆ ที่พบเห็นให้อยู่ในรูปที่เราสามารถเข้าใจตามพื้นฐานประสบการณ์ที่ผ่านมาของเรา”

วูลฟอล์ก (Woolfolk, 286) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า “มโนทัศน์ คือ ลำดับกลุ่มประเภทของเหตุการณ์ ความคิด วัตถุ หรือบุคคล โดยใช้ลักษณะที่คล้ายคลึงกันเป็นเกณฑ์ในการจัดจำแนก อาทิ นักเรียนเป็นมโนทัศน์ เพราะเป็นประเภทของบุคคลที่เรียน หนังสือซึ่งถือเป็นลักษณะที่คล้ายคลึงกัน แต่บุคคลที่เป็นนักเรียนอาจจะเป็นผู้ใหญ่หรือเด็ก อาจจะอยู่หรือไม่อยู่ในโรงเรียน”

คิปเลอร์ และคณะ (Kibler and et al., 1972: 169) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า “มโนทัศน์ คือ ชุดของวัตถุหรือเหตุการณ์ที่มีลักษณะบางอย่างคล้ายคลึงกัน ซึ่งแตกต่างจากวัตถุหรือเหตุการณ์อื่น ๆ เช่น เก้าอี้ กลม ความกล้าหาญ วิธีการเรียนการสอน และสติปัญญา เป็นต้น

ลอเวลล์ (Lovell, 1966: 100) ได้กล่าวถึงมโนทัศน์ไว้ว่า “มโนทัศน์เป็นคำที่ถูกสร้างขึ้นเพื่อแทนลำดับหรือกลุ่มทั้งหมดของวัตถุ เหตุการณ์ หรือคุณภาพ และมโนทัศน์จะช่วยในการคิดของมนุษย์”

สุวัฒก์ นิยมค้า (2517: 17) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า “มโนทัศน์ของสิ่งใด คือ main idea ที่เรามีต่อสิ่งนั้น เป็นความคิดโดยสรุปต่อสิ่งนั้น เป็นจินตภาพที่เกิดขึ้นในใจของเราต่อสิ่งนั้น เป็นจุดสำคัญของสิ่งนั้น เป็นคุณสมบัติหรือลักษณะเฉพาะของสิ่งนั้น ซึ่งแต่ละคนอาจสร้างมโนทัศน์ของสิ่งเดียวกันได้แตกต่างกัน”

ชัยพร วิชชาวุธ (2519: 1) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้สรุปได้ว่า “มโนทัศน์ คือ ประเภทของสิ่งของ การกระทำ หรือความคิด สิ่งมีชีวิตเป็นมโนทัศน์ เพราะหมายถึงสิ่งของประเภทหนึ่ง ความขยันเป็นมโนทัศน์ เพราะหมายถึงการกระทำประเภทหนึ่ง ลัทธิการเมืองเป็นมโนทัศน์เพราะเป็นความคิดประเภทหนึ่ง โดยใช้ลักษณะร่วมเป็นเกณฑ์ในการจำแนกสิ่งของ การกระทำ หรือความคิดออกเป็นประเภท ๆ”

ธีระชัย ปูรณโชติ (2537: 41) ได้อธิบายว่า “มโนทัศน์ คือ ความเข้าใจโดยสรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่เกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น แล้วนำคุณลักษณะต่าง ๆ ของสิ่งนั้นมาประมวลกันเข้าด้วยกันเป็นความคิดโดยสรุปของสิ่ง ๆ นั้น”

พัชรา ทวีวงศ์ ณ อยุธยา (2537: 11) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า “มโนทัศน์ คือ ความคิด ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่เกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์ในเรื่องนั้น ๆ จนเกิดการรับรู้และสรุปเป็นความเข้าใจในเรื่องนั้นของแต่ละบุคคล”

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ (2537: 55) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์สรุปได้ว่า “มโนทัศน์ คือ ความเข้าใจทั้งหมดที่มีต่อสิ่งของหรือสถานการณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งเป็นผลมาจากการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งของหรือสถานการณ์ใด ๆ แล้วสรุปผลการรับรู้ลักษณะของสิ่งนั้น ๆ ออกมา ดังนั้น บุคคลที่มีประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น ๆ ต่างกัน ย่อมจะมีมโนทัศน์ในสิ่งเดียวกันแตกต่างกัน”

สุจินต์ วิศวธีรานนท์ (2538: 88) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า “ มโนทัศน์ คือ ความคิด ความเข้าใจของบุคคลเกี่ยวกับสิ่งของหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ซึ่งทำให้บุคคลนั้นสามารถสรุปรวมลักษณะเหมือนหรือแยกแยะลักษณะแตกต่างเชิงคุณสมบัติของสิ่งของหรือเหตุการณ์นั้นได้”

ปรีชา ธรรมา (2543: 44) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ไว้ว่า “มโนทัศน์ คือ ความรู้ ความเข้าใจ ความคิดเห็นเกี่ยวกับสิ่งเร้าต่าง ๆ ที่มีลักษณะสำคัญร่วมกัน ตรงกับนิยามหรือหลักเกณฑ์ที่กำหนดไว้ โดยมนุษย์สามารถรับรู้และเข้าใจมโนทัศน์ได้ทั้งในความหมายแคบและในความหมายกว้าง เช่น มโนทัศน์ “บ้าน” อาจมีความหมายแคบ ๆ ว่าเป็นเพียงที่อยู่อาศัย หรืออาจมีความหมายกว้างออกไป โดยให้หมายรวมถึงองค์ประกอบอื่น ๆ ที่ทำให้บ้านเป็นที่น่าอยู่อาศัยและอาจหมายถึงชุมชนในแต่ละท้องถิ่น”

จากความหมายของคำว่า มโนทัศน์ ตามที่นักจิตวิทยาและนักการศึกษาของไทยและต่างประเทศได้ให้ความหมายไว้พอสรุปได้ว่า

มโนทัศน์ คือ สิ่งที่เป็นนามธรรมอันแสดงให้เห็นถึงความคิด ความเข้าใจโดยสรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งของบุคคล ซึ่งสิ่งนั้นอาจเป็นวัตถุ เหตุการณ์ การกระทำ หรือความคิด โดยเกิดจากการสังเกตหรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น ๆ แล้วใช้ลักษณะร่วมหรือลักษณะเฉพาะของ สิ่ง ๆ นั้นมาประมวลเข้าด้วยกันเป็นความคิดโดยสรุปของสิ่ง ๆ นั้น เพื่อจัดจำแนกออกเป็นกลุ่ม เป็นประเภท ทั้งนี้มโนทัศน์ในสิ่งใดสิ่งหนึ่งของบุคคลใด ๆ อาจเหมือนหรือแตกต่างกัน ตามแต่ประสบการณ์และวัยวุฒิของแต่ละบุคคล

4.2 ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยา

ซันด์และทรอว์บริดจ์ (Sund and Trowbridge, 1973: 17-18) ได้กล่าวถึงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สรุปได้ว่า “มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ คือ สิ่งที่เป็นนามธรรมที่เกิดขึ้นจากการใช้ประสาทสัมผัสศึกษาสังเกตวัตถุที่เป็นรูปธรรม (concrete objects) เช่น เซลล์ หรือเป็นสิ่งที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ เช่น ทฤษฎีจลน์ของสาร การอุปนัย หรือกระบวนการสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นต้น”

จอร์ช และคณะ (George, 1974: 16) ได้กล่าวถึงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า “มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ คือ รูปแบบของความเข้าใจสิ่งแวดล้อมรอบตัวที่ง่ายที่สุด และเป็นการลงความเห็นหรือขยายความเข้าใจเกี่ยวกับการสังเกตความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อม”

จาคอบสันและเบิร์กแมน (Jacobson and Bergman, 1999: 120, 130) ได้กล่าวถึงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า “มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ คือ ความคิดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ทางธรรมชาติ สามารถพัฒนาผ่าน ประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย โดยเด็กจะพัฒนามโนทัศน์เมื่อเขาเข้าใจสิ่งที่เกิดขึ้นจากสิ่งที่เขาสำรวจตรวจสอบ ปฏิบัติทดลอง และประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์อื่น ๆ และเชื่อมโยงสัมพันธ์ความเข้าใจนี้ไปยังประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สามารถประยุกต์ใช้ได้ในหลายวิชาหรือสถานการณ์ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เป็นความคิดสำคัญ (big ideas) ของวิทยาศาสตร์ และถือว่ามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เป็นส่วนประกอบของสติปัญญาจากประสบการณ์หนึ่งไปยังอีกประสบการณ์หนึ่ง”

ปรีชา วงศ์ชูศิริ (2531: 50) ได้ให้กล่าวถึงมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า “มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ คือ ความคิดหลักที่คนเรามีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งช่วยให้มีความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับวัตถุหรือสถานการณ์ต่าง ๆ โดยที่ความเข้าใจดังกล่าวจะแตกต่างไปตามประสบการณ์ของบุคคล”

จากความหมายของคำว่า มโนทัศน์ ตามที่นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ทั้งของไทยและต่างประเทศได้ให้ความหมายไว้พอสรุปได้ว่า

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ คือ ความคิด ความเข้าใจโดยสรุปเกี่ยวกับสิ่งแวดล้อมที่อยู่ รอบตัว ซึ่งอาจเป็น วัตถุ หรือสถานการณ์ต่าง ๆ ซึ่งเกิดจากการสังเกตหรือศึกษาสำรวจ แล้วเชื่อมโยงสัมพันธ์ความเข้าใจในข้อเท็จจริงของแต่ละวัตถุ หรือสถานการณ์เข้ากับประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ โดยมนุษย์สามารถพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งถือเป็นความคิดสำคัญของวิทยาศาสตร์ผ่านประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย”

จากการศึกษาความหมายของมโนทัศน์ และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ข้างต้น ทำให้สรุปได้ว่า มโนทัศน์ของสิ่งใดก็คือ ความคิด ความเข้าใจหลักของสิ่งนั้น ดังนั้นจึงสรุปเป็นความหมายของมโนทัศน์ชีววิทยาได้ว่า มโนทัศน์ชีววิทยา คือ ความคิด ความเข้าใจโดยสรุปเกี่ยวกับเนื้อหาสาระชีววิทยา อันเกิดจากการสังเกตหรือการได้รับประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเนื้อหาสาระชีววิทยา แล้วเชื่อมโยงสัมพันธ์ลักษณะหรือข้อเท็จจริงร่วมของแต่ละประสบการณ์เข้าด้วยกันให้เกิดเป็นความคิดโดยสรุป

4.3 ประเภทของมโนทัศน์

นักจิตวิทยาและนักการศึกษาหลายท่านได้จำแนกประเภทของมโนทัศน์ไว้ โดยมีรายละเอียดดังนี้

กาเย่ (Gagne, 1970; cited in Nitko, 2004: 201-202) ได้แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. มโนทัศน์เชิงรูปธรรม (concrete concept) หมายถึง กลุ่มหรือสมาชิกภายในกลุ่มที่มีลักษณะทางกายภาพที่สัมผัสได้โดยใช้ประสาทสัมผัสที่คล้ายคลึงกันตั้งแต่หนึ่งลักษณะหรือมากกว่า

2. มโนทัศน์เชิงคำอธิบาย (defined concept) หมายถึง กลุ่มหรือสมาชิกภายในกลุ่มที่สามารถกำหนดนิยามหรือคำจำกัดความโดยใช้ลักษณะที่คล้ายคลึงกัน ซึ่งลักษณะเหล่านั้นไม่สามารถสัมผัสได้โดยใช้ประสาทสัมผัสและมีความสัมพันธ์กับมโนทัศน์อื่น ๆ บางครั้งจึงเรียกว่า มโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ (relation concept)

จอร์ช และคณะ (George and et al., 1974: 100) ได้แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. มโนทัศน์ที่สามารถสังเกตได้ (observable concepts) คือ มโนทัศน์ที่สามารถเรียนรู้ผ่านการสังเกตตัวอย่างเฉพาะของมโนทัศน์หรือการสังเกตสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์นั้น ๆ

2. มโนทัศน์เชิงนามธรรม (abstract concepts) คือ มโนทัศน์ที่แสดงความสัมพันธ์ของสิ่งใด ๆ ถูกสร้างขึ้นโดยการนิยาม อาจค่อนข้างยากสำหรับเด็กในการสร้างความเข้าใจ เพราะว่ามโนทัศน์ดังกล่าวถูกนำเสนอผ่านการพูดหรือการเขียน ตัวอย่างของมโนทัศน์เชิงนามธรรม เช่น อะตอม ความดัน พลังงาน เป็นต้น

บรูเนอร์ และคณะ (Bruner et al, cited in Elliot et al., 1996: 247) ได้แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. มโนทัศน์เชิงเชื่อมโยง (conjunctive concepts) เป็นมโนทัศน์ที่เกิดจากการเชื่อมโยงสัมพันธ์ลักษณะที่คล้ายคลึงกันหลาย ๆ ลักษณะของสิ่งใด ๆ ซึ่งลักษณะเหล่านั้นเป็นนามธรรมจากหลาย ๆ ประสบการณ์ของแต่ละคนที่เกี่ยวข้องกับวัตถุ สิ่งของ หรือเหตุการณ์ที่สามารถจัดเป็นประเภทหรือลำดับชั้น (categories) ได้ เช่น เด็กผู้ชาย รถยนต์ หนังสือ ส้ม เป็นต้น หรือเป็นมโนทัศน์เกี่ยวกับการรวมลักษณะและคุณค่าเข้าด้วยกัน เช่น ลักษณะของน้ำหนักรวมกันเป็นมโนทัศน์ของสสารและคำนิยามของสสาร คือ เป็นสิ่งที่มีน้ำหนักและต้องการที่อยู่

2. มโนทัศน์เชิงตรงกันข้าม (disjunctive concepts) เป็นมโนทัศน์ที่เกิดจากการยอมรับตามกติกาที่กำหนดไว้ โดยใช้คุณลักษณะหลายคุณลักษณะในการจัดประเภทของสิ่งใด ๆ เข้าเป็นมโนทัศน์ซึ่งคุณลักษณะลักษณะเหล่านั้นมีความแตกต่างกัน

3. มโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ (relational concepts) เป็นมโนทัศน์ที่ถูกสร้างขึ้นโดยใช้ความสัมพันธ์ระหว่างกลุ่มหรือสมาชิกภายในกลุ่มมาพิจารณาคุณลักษณะที่แตกต่างกัน แต่กลุ่มหรือสมาชิกภายในกลุ่มมีความสัมพันธ์กันในบางลักษณะ เช่น การจัดประเภทของรายได้ ซึ่งมีระดับของรายได้หลายระดับ (ประเภท)

กิบสัน (Gibson, 1980: 276) ได้แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. มโนทัศน์เชิงรูปธรรม (concrete concepts) คือ ความคิดที่สามารถเชื่อมโยงไปสู่กลุ่มของวัตถุที่สามารถสังเกตได้ อาทิ บ้าน หนังสือ สุนัข หรือ คุณภาพของวัตถุ เช่น สี ขนาด รูปร่าง เป็นต้น

2. มโนทัศน์เชิงนามธรรม (abstract concepts) คือ ความคิดที่ไม่สามารถเชื่อมโยงไปสู่วัตถุที่สังเกตได้หรือคุณภาพของวัตถุได้โดยตรง อีกนัยหนึ่งก็คือ คำนิยามของมโนทัศน์

เดอ เซคโค (DeCecco, 1968: 390) ได้แบ่งมโนทัศน์ออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. มโนทัศน์เชิงเชื่อมโยง (conjunctive concepts) คือ คุณค่าที่เหมาะสมของลักษณะหลาย ๆ ลักษณะที่มีส่วนคล้ายคลึงกัน อาทิ การจำแนกสัตว์ออกเป็นกลุ่มเฉพาะ เช่น สุนัข ก็จะต้องกำหนดลักษณะร่วมของคุณค่าที่เหมาะสมของแต่ละลักษณะ มโนทัศน์เชิงเชื่อมโยงนี้ง่ายต่อการสอนและการเรียนรู้

2. มโนทัศน์เชิงตรงกันข้าม (disjunctive concepts) คือ คุณค่าที่เหมาะสมของลักษณะใดลักษณะหนึ่ง หรือลักษณะอื่น หรือทั้งสองลักษณะที่ปรากฏอยู่ ตัวอย่างเช่น การสไทรค(strike) ในกีฬาเบสบอล การยิงจุดโทษ(extra point) ในกีฬาฟุตบอล และการวอล์ก(walk) ในกีฬาบาสเกตบอล

กล่าวคือ พฤติกรรมของนักกีฬาพฤติกรรมใดพฤติกรรมหนึ่งหรือหลายพฤติกรรมที่แสดงออกขณะแข่งขัน อาจทำให้เกิดการสไทรค การยิงจุดโทษ หรือการวอล์ก

3. มโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ (relational concepts) คือ คุณค่าที่เหมาะสมอย่างหนึ่งที่มีความสัมพันธ์อย่างจำเพาะระหว่างลักษณะ ตัวอย่างเช่น ระยะทางและทิศทางเป็นมโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ เป็นต้น

จากการศึกษาประเภทของมโนทัศน์ที่นักจิตวิทยาและนักการศึกษาต่างประเทศได้จัดจำแนกไว้ สรุปได้ว่า

มโนทัศน์แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ตามลักษณะการเกิด ได้แก่

1. มโนทัศน์ที่สามารถสังเกตได้โดยตรงโดยใช้ประสาทสัมผัส เป็นมโนทัศน์ที่เกิดขึ้นจากการใช้ประสาทสัมผัสในการสังเกตลักษณะของสิ่งใด ๆ โดยตรง แล้วเชื่อมโยงสัมพันธ์ลักษณะสำคัญร่วมของแต่ละสิ่งเข้าด้วยกันเกิดเป็นมโนทัศน์

2. มโนทัศน์ที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรงโดยใช้ประสาทสัมผัส เป็นมโนทัศน์ที่แสดงความสัมพันธ์ของสิ่งใด ๆ ในลักษณะที่เป็นนามธรรม ซึ่งมักจะอยู่ในรูปของคำนิยาม

3. มโนทัศน์ที่ใช้คุณลักษณะหลาย ๆ คุณลักษณะในการจัดประเภท เป็นมโนทัศน์ที่ยอมรับตามกติกาหรือกฎเกณฑ์ที่กำหนดขึ้น โดยคุณลักษณะที่ใช้ในการจัดประเภทมโนทัศน์เหล่านั้นมีความแตกต่างกัน อาทิ บุคคลที่มีสิทธิ์เลือกตั้งสมาชิกสภาผู้แทนราษฎรจังหวัดสุพรรณบุรีเป็นมโนทัศน์ที่ใช้สัญญาติไทย ภูมิลำเนาในจังหวัดสุพรรณบุรี อายุเกิน 18 ปีบริบูรณ์ ซึ่งทั้ง 3 คุณลักษณะนี้มีความแตกต่างซึ่งกันและกัน เป็นต้น

4.4 ประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาวิทยาศาสตร์หลายท่านได้จำแนกประเภทของมโนทัศน์วิทยาศาสตร์ไว้ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

โรเมย์ (Romey, 1968: 117) ได้จำแนกมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เกี่ยวกับการแบ่งประเภท (classificational concepts) เป็นมโนทัศน์ที่เป็นคำอธิบายลักษณะร่วม โดยนำไปใช้ในการบรรยายวัตถุหรือสถานการณ์นั้น ๆ

2. มโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ (correlational concepts) เป็นมโนทัศน์ที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริงที่เกี่ยวข้องกัน เช่น แรงเป็นอำนาจที่ผลักหรือดึงวัตถุให้เคลื่อนที่ได้

3. มโนทัศน์เชิงทฤษฎี (theoretical concepts) เป็นมโนทัศน์ที่อยู่นอกเหนือประสบการณ์ทางประสาทสัมผัสหรือข้อเท็จจริง แต่มีความสอดคล้องกับเหตุผลของมนุษย์ที่ซึ่งมีความสอดคล้องกับข้อเท็จจริง เป็นมโนทัศน์ที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล นำไปใช้ในการทำนายหรือพยากรณ์ต่าง ๆ เช่น สารอาหารไขมัน และคาร์โบไฮเดรตให้พลังงานและให้ความอบอุ่นต่อร่างกาย ความร้อน 1 องศาเซลเซียส จะทำให้เพิ่มปริมาณพลังงาน 1 กิโลแคลอรี เป็นต้น

ซันด์และทรอว์บริดจ์ (Sund and Trowbridge, 1973: 17-18) ได้แบ่งมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 2 ประเภท คือ

1. มโนทัศน์เชิงรูปธรรม (concrete concepts) เช่น เซลล์ แม่เหล็ก เลนส์ คอลลอยด์ เป็นต้น

2. มโนทัศน์เชิงกระบวนการพลวัต (dynamic process concepts) เช่น ทฤษฎีพลังงานจลน์ของสสาร การสังเคราะห์ด้วยแสง ออสโมซิส เป็นต้น

ลอว์สัน และคณะ (Lawson et al., 2000: 1012) ได้จำแนกมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. มโนทัศน์เชิงทฤษฎี (theoretical concepts) เป็นมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรงโดยใช้ประสาทสัมผัส โดยเฉพาะประสาทสัมผัสทางตา แต่สามารถรับรู้ได้จากแนวคิดทฤษฎีที่นักวิทยาศาสตร์เสนอขึ้นมา เช่น มโนทัศน์ของอะตอม โฟตอน อิเล็กตรอน ควาร์ก โมเลกุล และรวมไปถึงมโนทัศน์ของกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาของอะตอมหรือโมเลกุล เช่น การแพร่ ไกลโคไลซิส กระบวนการหายใจแบบไม่ใช้ออกซิเจน กระบวนการออกซิเดชัน เป็นต้น

2. มโนทัศน์เชิงบรรยาย (descriptive concepts) เป็นมโนทัศน์ที่เกิดขึ้นโดยตรงจากการสังเกตวัตถุหรือเหตุการณ์ใด ๆ หลาย ๆ ครั้ง แล้วเชื่อมโยงสัมพันธ์ลักษณะร่วมที่สำคัญของวัตถุหรือเหตุการณ์นั้น ๆ เข้าด้วยกันเกิดเป็นมโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งนั้นขึ้น เช่น มโนทัศน์เกี่ยวกับเก้าอี้ โต๊ะ เฟอร์นิเจอร์ รถยนต์ เรือ การกิน การนอน การร้องไห้ การเห่าสุนัข รวมไปถึงมโนทัศน์เกี่ยวกับตำแหน่งและขนาดของวัตถุ เช่น ข้างใต้ ถัดไป สั้นกว่า หนักกว่า เป็นต้น

3. มโนทัศน์เชิงสอดแทรก (intermediate concepts) เป็นมโนทัศน์ที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่รับรู้ได้ เช่น มโนทัศน์ทางกระบวนการทางธรณีวิทยา กระบวนการแทนที่ในระบบนิเวศ และการคัดเลือกโดยธรรมชาติ เป็นต้น ซึ่งการรับรู้หรือการเกิดมโนทัศน์ประเภทนี้มีข้อจำกัดอยู่ที่ระยะเวลาที่จะสังเกตสถานการณ์นั้น ๆ

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525 อ้างถึงในพันธ์ ทองชุมนุม, 2547: 202) ได้จำแนกมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. มโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริงต่าง ๆ ที่จะนำมาสรุป ตัวอย่างมโนทัศน์ เช่น น้ำแข็งคือน้ำที่อยู่ในสถานะของแข็ง

2. มโนทัศน์ที่เกิดจากการสรุปความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริงของสิ่งทั้งหลาย เช่น สสารอาจเปลี่ยนสถานะได้ ถ้าพลังงานความร้อนมีการเปลี่ยนแปลง

3. มโนทัศน์ที่เกิดจากการนำเอาข้อมูลหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ มาสรุปเข้าด้วยกันเป็นกระบวนการต่อเนื่อง ตั้งแต่ความรู้เบื้องต้นไปจนกระทั่งถึงความรู้ระดับสูง ในการที่จะเข้าใจมโนทัศน์ประเภทนี้จะต้องมีมโนทัศน์เกี่ยวกับข้อเท็จจริงต่าง ๆ มาแล้ว ตัวอย่างมโนทัศน์ เช่น แก๊สเมื่อได้รับความร้อนโมเลกุลจะเคลื่อนที่เร็วขึ้น

จากการศึกษาประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่นักการศึกษาวิทยาศาสตร์ได้จัดจำแนกไว้ สรุปได้ว่า

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แบ่งออกเป็น 3 ประเภท ตามลักษณะการรับรู้ของบุคคล ได้แก่

1. มโนทัศน์เชิงทฤษฎี เป็นมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นหรือรับรู้ได้จากการศึกษาแนวคิดทฤษฎีที่นักวิทยาศาสตร์ได้เสนอไว้ อาทิ มโนทัศน์เกี่ยวกับอิเล็กตรอน อะตอม และการหายใจระดับเซลล์ เป็นต้น

2. มโนทัศน์เชิงบรรยาย เป็นมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นหรือรับรู้ได้โดยตรงจากการใช้ประสาทสัมผัสสังเกตสิ่งใด ๆ หลาย ๆ ครั้ง แล้วเชื่อมโยงสัมพันธ์ลักษณะร่วมที่สำคัญของสิ่งนั้นเข้าด้วยกันเกิดเป็นมโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งนั้นขึ้น อาทิ มโนทัศน์เกี่ยวกับการทดสอบสารอาหารจำพวกโปรตีน การทดสอบสารที่มีฤทธิ์เป็นกรด การเคลื่อนที่ของวัตถุ เป็นต้น

3. มโนทัศน์เชิงสอดแทรก เป็นมโนทัศน์ที่รับรู้ได้ แต่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง อันเนื่องมาจากข้อจำกัดของระยะเวลาในการสังเกต เช่น มโนทัศน์เกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของเปลือกโลก กระบวนการแทนที่ในระบบนิเวศ และการคัดเลือกตามธรรมชาติ เป็นต้น

4.5 แนวทางการวัดมโนทัศน์ชีววิทยา

เจนกินส์และดีโน (Jenkins and Deno, 1971 cited in Nitko, 2004: 205) ได้เสนอแนวทางการวัดมโนทัศน์ไว้ ดังนี้ การวัดมโนทัศน์ของนักเรียนมี 4 วิธี คือ

1. กำหนดให้นักเรียนเขียนคำนิยาม (definition) ของมโนทัศน์ โดยการทำแบบสอบอัตนัยหรือการพูดอธิบาย

2. กำหนดให้นักเรียนยกตัวอย่างของมโนทัศน์ โดยการทำแบบสอบอัตนัยหรือการพูดอธิบาย

3. กำหนดให้นักเรียนจำแนกว่าสิ่งใดที่เป็นตัวอย่างและสิ่งใดที่ไม่เป็นตัวอย่างของมโนทัศน์ โดยการทำแบบสอบปรนัยหรืออัตนัย

4. กำหนดให้นักเรียนวิเคราะห์คำนิยามของมโนทัศน์เพื่อระบุองค์ประกอบและสิ่งที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ โดยการทำแบบสอบอัตนัยหรือปรนัย

โอดัมและแบร์โรว์ (Odum and Barrow, 1995: 50) กล่าวว่าแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือที่ดีในการวัดความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ โดยโอดัมและเคลลีได้เสนอลำดับขั้นในการพัฒนาแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ (Odum and Kelly, 2000: 619-620) สรุปได้ ดังนี้

1. ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการทำแบบวัดมโนทัศน์แบบเลือกตอบที่กำหนดให้เขียนเหตุผลสนับสนุนในการเลือกคำตอบ และ การสัมภาษณ์

2. สร้างแบบวัดมโนทัศน์ แบบเลือกตอบ ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ตอน (two-tier multiple-choice format) คือ

2.1 ตอนที่หนึ่ง เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา (content question) ซึ่งอาจมีตัวเลือก 2-4 ตัว

2.2 ตอนที่สอง เป็นส่วนของเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่หนึ่ง ซึ่งมี 4 เหตุผลสนับสนุน แบ่งออกเป็น 2 ส่วน คือ

2.2.1 เหตุผลสนับสนุนคำตอบ 3 เหตุผลแรก ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

2.2.2 เหตุผลสนับสนุนคำตอบเหตุผลที่ 4 มีลักษณะเป็นปลายเปิด

3. นำแบบวัดไปใช้กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

แอนเดอร์สัน ฟิสเชอร์ และนอร์แมน (Anderson, Fisher, and Norman, 2002: 956-957) ได้พัฒนาแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาเรื่อง การคัดเลือกทางธรรมชาติ (natural selection) โดยมีขั้นตอนการพัฒนา ดังนี้

1. ประเมินความรู้เกี่ยวกับการคัดเลือกทางธรรมชาติของนักศึกษาที่ไม่ได้เรียนวิชาเอกชีววิทยา โดยให้ทำแบบสอบที่มีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิดที่พัฒนามาจากแบบวัดของบิชอบและแอนเดอร์สัน (Bishop and Anderson) เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับความเชื่อในเรื่องการคัดเลือกตามธรรมชาติที่ครอบคลุม

2. ศึกษา ตรวจสอบเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคัดเลือกทางธรรมชาติ โดยทำงานร่วมกับนักศึกษาในระดับปริญญาโทและตรี

3. สัมภาษณ์เชิงลึกนักศึกษาที่เรียนวิชาเอกชีววิทยา สาขานิเวศวิทยา เพื่อให้ได้ข้อมูลเกี่ยวกับความเข้าใจมโนทัศน์เกี่ยวการคัดเลือกทางธรรมชาติและมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน

4. กำหนดเนื้อหาที่ต้องการวัดมโนทัศน์

5. เลือกประเภทและรูปแบบของแบบวัดมโนทัศน์

6. สร้างแบบวัดมโนทัศน์รูปแบบเลือกตอบตอนเดียว (one-tier multiple choice format) โดยกำหนดสถานการณ์ (distractor) ให้ เพื่อนำไปสู่ข้อคำถามที่สะท้อนความคิด

ลาวี (Lavoie, 1999: 132) ใช้แบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาที่พัฒนาโดยนักวิจัยในมหาวิทยาลัย จำนวน 20 ข้อ ซึ่งมีลักษณะเป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยข้อสอบแต่ละข้อจะกำหนดสถานการณ์ หรือกราฟ หรือแผนภาพ เพื่อนำไปสู่ข้อคำถามที่สะท้อนความเข้าใจของนักเรียน

จากการศึกษาแนวทางในการวัดมโนทัศน์ชีววิทยา สรุปได้ดังนี้

การวัดมโนทัศน์ชีววิทยาสามารถใช้วิธีการ ดังต่อไปนี้

1. ใช้แบบวัดมโนทัศน์แบบอัตนัย

2. ใช้แบบวัดมโนทัศน์แบบปรนัยตอนเดียว (one-tier multiple choice format) โดยกำหนดสถานการณ์ (distractor) ให้ เพื่อนำไปสู่ข้อคำถาม

3. ใช้แบบวัดมโนทัศน์แบบปรนัยสองตอน (two-tier multiple choice format) โดยตอนที่หนึ่งเป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา (content question) และตอนที่สอง เป็นส่วนของเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่หนึ่ง

4. ใช้วิธีการสอบปากเปล่า (oral test)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้วงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาวิทยาศาสตร์หลายท่านได้ทำการศึกษาวิจัยโดยใช้วงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ไว้ดังต่อไปนี้

งานวิจัยในต่างประเทศ

แคมป์เบล (Campbell, 1978: 3903-A) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาเปรียบเทียบการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้กับการสอนแบบปกติ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาที่เรียนวิชาฟิสิกส์ จำนวน 55 คน โดยทดลองสอนจำนวน 10 บทเรียน ผลการวิจัยพบว่า การสอนทั้งสองวิธีไม่แตกต่างกัน แต่นักศึกษาที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ มีเจตคติทางบวกต่อการปฏิบัติการทดลอง และได้คะแนนสอบการปฏิบัติการทดลองในปลายภาคสูงกว่านักศึกษาที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ

เพอร์เซอร์และเรนเนอร์ (Purser and Renner, 1983: 85) ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลของการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้กับการสอนแบบบอกให้รู้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 9 และ เกรด 10 ที่เลือกเรียนวิชาชีววิทยา จำนวน 68 คน และ 67 คน ตามลำดับ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่มีขั้นปฏิบัติการคิดรูปธรรมและขั้นปฏิบัติการคิดกึ่งนามธรรม ที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ มีผลสัมฤทธิ์ด้านเนื้อหาสูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบบอกให้รู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และการใช้วงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ช่วยส่งเสริมพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียนมากกว่าการสอนแบบบอกให้รู้

ซอนเดอร์และเชพาร์ดสัน (Saunders and Shepardson, 1987: 39) ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลของการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้ซึ่งเป็นการสอนแบบรูปธรรมกับการสอนวิทยาศาสตร์แบบนามธรรมที่เน้นการบรรยายและอภิปราย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 6 จำนวน 115 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดการให้เหตุผลเชิงนามธรรมของลอว์สัน (Lawson's Classroom Test Scientific Reasoning) และแบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการให้เหตุผลสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการบรรยายและอภิปรายอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และนักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้และมีขั้นปฏิบัติการคิด

แบบรูปธรรม ได้พัฒนาไปสู่ขั้นปฏิบัติการคิดแบบกึ่งนามธรรม คิดเป็นร้อยละมากกว่านักเรียนที่เรียนแบบนามธรรมที่เน้นการบรรยายและอภิปราย

เดวิดสัน (Davison, 1989: 3320-A) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลการใช้วงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อพัฒนาการทางสติปัญญา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาที่เรียนวิชาเคมีทั่วไป ผลการศึกษาพบว่า นักศึกษาที่เรียนโดยการปฏิบัติการทดลองตามวงจรการเรียนรู้มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักศึกษาที่เรียนโดยปฏิบัติการทดลองตามแนวทางปกติ

คูเรย์ (Kurey, 1991: 411-A) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาเปรียบเทียบการแสดงออกของนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติและเรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ในวิชาเคมี กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 10, 11 และ12 จำนวน 110 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดการปฏิบัติ และแบบสำรวจงานพัฒนาการที่ใช้ในการจัดนักเรียนเข้ากลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ซึ่งแบบสำรวจดังกล่าวได้จำแนกทักษะการให้ เหตุผล 3 ประเภท คือ ทักษะการให้เหตุผลแบบรูปธรรม ทักษะการให้เหตุผลแบบกึ่งนามธรรม และทักษะการให้เหตุผลแบบนามธรรม ผลการวิจัยพบว่า เมื่อพิจารณาขั้นพัฒนาการทางสติปัญญา การปฏิบัติของนักเรียนได้รับอิทธิพลจากการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ โดยนักเรียนที่มีผลการเรียนเท่าเดิมหรือลดลงในภาคเรียนที่ 2 ร้อยละ 70 เป็นนักเรียนที่มีการให้เหตุผลแบบรูปธรรมและแบบกึ่งนามธรรม และการใช้วงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิชาเคมีนั้นเหมาะสำหรับเนื้อหาทั้งในลักษณะที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม

มาเรคและเมทเว็น (Marek and Methven, 1991: 41) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการเรียนการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์รูปแบบการอนุรักษ์ของนักเรียน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นอนุบาลถึงเกรด 5 จำนวน 100 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์รูปแบบการอนุรักษ์ ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์รูปแบบการอนุรักษ์ นักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้สูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบบอกให้รู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

คูโม (Cumo, 1992: 387-A) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการสอนด้วยโมเดลวงจรการเรียนรู้ที่มีต่อพัฒนาการทางสติปัญญา กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเกรด 7 กลุ่มตัวอย่างเป็นครูวิทยาศาสตร์ 3 คน และนักเรียนเกรด 7 โดยครูแต่ละคนสอนนักเรียนจำนวน 2 ห้อง โดยครูคนที่ 1 และ 2 ทำการสอนนักเรียนห้องหนึ่งโดยใช้วงจรการเรียนรู้ และสอนอีกห้องด้วยการสอนแบบปกติ ส่วนครูคนที่ 3 ทำการสอนนักเรียนทั้งสองห้องด้วยวิธีการสอนแบบ

ปกติ ผลการวิจัยพบว่า การเรียนการสอนตามขั้นตอนวงจรการเรียนรู้มีผลต่อพัฒนาการทางสติปัญญา กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 นักเรียนหญิงที่ได้รับการสอนตามขั้นตอนวงจรการเรียนรู้ มีพัฒนาการทางสติปัญญา ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ แตกต่างจากนักเรียนชาย และนักเรียนหญิงที่ได้รับการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

รูบินและนอร์แมน (Rubin amd Norman, 1992: 715) ได้ทำการวิจัยเพื่อเปรียบเทียบผลของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อทักษกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม และความสามารถในการให้เหตุผลแบบนามธรรม กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 6-9 จำนวน 329 คน โดยกลุ่มทดลองเรียนโดยใช้การสังเกตตัวแบบอย่างเป็นระบบ ส่วนกลุ่มควบคุมซึ่งมี 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ และกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม พบว่า 1) นักเรียนที่เรียนโดยใช้การสังเกตตัวแบบอย่างเป็นระบบมีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมแตกต่างจากนักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ และเรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยนักเรียนที่เรียนโดยใช้การสังเกตตัวแบบอย่างเป็นระบบมีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมที่ปรับแก้แล้วสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ 2) นักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ มีผลสัมฤทธิ์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมแตกต่างจากนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยนักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ มีคะแนนเฉลี่ยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสมที่ปรับแก้แล้วสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ 3) นักเรียนที่เรียนโดยใช้การสังเกตตัวแบบอย่างเป็นระบบมีความสามารถในการให้เหตุผลแบบนามธรรม แตกต่างจากนักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 4) นักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้มีความสามารถในการให้เหตุผลแบบนามธรรมแตกต่างจากนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยนักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลแบบนามธรรมที่ปรับแก้แล้วสูงที่สุด ขณะที่นักเรียนกลุ่มอื่นมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากัน

ไคลเดียนสท์ (Klidienst, 1993: 1748-A) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการใช้วงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อโครงสร้างทางปัญญา ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนมัธยมศึกษา จำนวน 238 คน จาก 11 ห้องเรียน และครูวิทยาศาสตร์จำนวน 3 คน ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม พบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้

วงจรการเรียนรู้มีโครงสร้างทางปัญญา และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์แตกต่างจากนักเรียนที่เรียนตามปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และการใช้วงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีผลต่อนักเรียนมากที่สุดในด้านการสร้างโครงสร้างทางปัญญาเกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ได้ถูกต้องและสมบูรณ์ และส่งเสริมเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ในทางบวกมากขึ้น แต่ให้ผลด้านผลสัมฤทธิ์วิชาวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างจากการสอนแบบปกติ

เวสท์บรูคและโรเจอร์ส (Westbrook and Rogers, 1994: 65) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการใช้วงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 9 จำนวน 100 คน ใช้เวลาศึกษา 6 สัปดาห์ กลุ่มทดลองมี 3 กลุ่ม แต่ละกลุ่มเรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้โดยมีกิจกรรมในขั้นการศึกษาสำรวจและขั้นการสร้างมโนทัศน์เหมือนกัน ส่วนกิจกรรมในขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้แตกต่างกัน กลุ่มที่ 1 นักเรียนจะทำกิจกรรมตามเอกสารประกอบการปฏิบัติการที่ครูแจก จัดรวบรวมข้อมูลลงตารางข้อมูลที่กำหนดให้ และทำกิจกรรมเหล่านี้ซ้ำในขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ โดยนักเรียนไม่ได้ออกแบบการทดลอง กำหนดและทดสอบสมมติฐานด้วยตนเอง กลุ่มที่ 2 นักเรียนได้รับเอกสารแนะนำกิจกรรมขั้นการศึกษาสำรวจ และขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ นักเรียนมีการออกแบบการทดลองเพื่อตอบคำถามที่ครูนำเสนอ และกลุ่มที่ 3 นักเรียนได้รับเอกสารแนะนำในการทำกิจกรรมขั้นการศึกษาสำรวจและขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ นักเรียนมีการออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตนเองกำหนดขึ้น เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบประเมินการให้เหตุผล แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นผสม และแบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ไม่แตกต่างกัน โดยนักเรียนกลุ่มที่ 3 มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์หลังการทดลองสูงขึ้น อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

เบิร์นท์ (Berndt, 1994: 4052-A) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการใช้วงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ด้านเนื้อหาวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนประถมศึกษา จำนวน 154 คน ใช้เวลาในการทดลอง 6 สัปดาห์ ผลการวิจัยพบว่า การใช้วงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีอิทธิพลต่อ ผลสัมฤทธิ์ด้านเนื้อหาในวิชาวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และมีอิทธิพลต่อเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์ ระดับการฝึกอบรม และคุณภาพการสอนของครู นอกจากนี้เจตคติระหว่างครูและนักเรียน และพื้นฐานความรู้เดิมของครูและนักเรียนมีอิทธิพลต่อผลสมัฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ ทั้งนี้

ผลการวิจัยยังชี้ให้เห็นว่า การฝึกคิดและฝึกลงมือปฏิบัติในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้นั้นเหมาะสำหรับการสอนวิทยาศาสตร์เนื้อหาทรัพยากรธรรมชาติ

คาวาลโล (Cavallo, 1996: 625) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการแก้ปัญหาในวิชาพันธุศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 10 จำนวน 189 คน ซึ่งเรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้จากครูวิทยาศาสตร์จำนวน 2 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถามแนวทางการเรียนรู้ แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบทดสอบความรู้เรื่องพันธุศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เป็นตัวทำนายความสามารถในการแก้ปัญหาได้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

เฮด์จเพท (Hedgepeth, 1996: 628-A) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้และด้วยวิธีการสอนแบบปกติ โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 8 ที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์เนื้อหาธรณีวิทยา จำนวน 7 ห้องเรียน รวม 125 คน และครูจำนวน 3 คน แบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ และกลุ่มทดลองเรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์เนื้อหาธรณีวิทยา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ได้คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ

ฮานเลย์ (Hanley, 1997: 2052-A) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการใช้วงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิชาชีววิทยาเนื้อหานิเวศวิทยา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนวิชาชีววิทยาจำนวน 10 ห้องเรียน และครูผู้สอนจำนวน 5 คน โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลอง 5 ห้องที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ และกลุ่มควบคุม 5 ห้องที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบความรู้เกี่ยวกับนิเวศวิทยา จำนวน 2 ฉบับ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้และนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ มีผลสัมฤทธิ์ด้านความรู้เกี่ยวกับนิเวศวิทยาไม่แตกต่างกัน และผลสัมฤทธิ์ด้านความรู้เกี่ยวกับนิเวศวิทยาและวิธีการเรียนการสอนไม่มีความสัมพันธ์กัน

จอนห์สันและลอว์สัน (Johnson and Lawson, 1998: 89) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาตัวทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักศึกษาที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบบอกให้รู้ และเรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ ตัวทำนายที่ศึกษา ได้แก่ ความรู้เดิมเกี่ยวกับชีววิทยา และการให้เหตุผลเชิง

วิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาที่ไม่ได้เรียนเอกชีววิทยา จำนวน 366 คน ซึ่งแบ่งเป็นกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบบอกให้รู้จำนวน 181 คน และกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้จำนวน 185 คน โดยครูวิทยาศาสตร์ 2 คนสอนแบบบอกให้รู้ และครูวิทยาศาสตร์จำนวน 2 คน สอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ ใช้เวลาในการทดลอง 15 สัปดาห์ ในระหว่างการสอนครูทำการทดสอบย่อย และใช้แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของลอว์สัน เพื่อทดสอบหลังการทดลอง ผลการวิจัยพบว่า นักศึกษาที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังการสอนสูงกว่านักศึกษาที่เรียนแบบบอกให้รู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001 และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.001

ลาวี (Lavoie, 1999: 1127) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้ที่เน้นการตั้งสมมติฐานอย่างมีเหตุผลที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 10 จำนวน 250 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา ผลการวิจัยพบว่า คะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาของ นักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ที่เน้นการตั้งสมมติฐานสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

ลอว์สัน (Lawson, 2001: 165) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการเรียนการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพจะช่วยให้นักเรียนสร้างมโนทัศน์อย่างเป็นระบบและช่วยพัฒนารูปแบบการให้เหตุผลของนักเรียน และช่วยให้นักเรียนได้แสดงออกถึงความรู้เดิมของตน

โอดัมและเคลลี (Odum and Kelly, 2001: 615) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการอธิบาย วิธีการสร้างผังมโนทัศน์ วงจรการเรียนรู้ และวิธีผสมผสานระหว่างวิธีการสร้างผังมโนทัศน์กับวงจรการเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่เรียนวิชาชีววิทยา 4 ห้องเรียน โดยแบ่งออกเป็น 4 กลุ่มทดลอง ตามวิธีการสอน 4 วิธี ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสร้างผังมโนทัศน์และกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีผสมผสานระหว่างวิธีการสร้างผังมโนทัศน์กับวงจรการเรียนรู้ได้คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเรื่องการแพร่และออสโมซิสสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการอธิบาย

ลอเออร์ (Lauer, 2003: 518) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการใช้วงจรการเรียนรู้ร่วมกับการใช้เกมและสถานการณ์จำลองที่มีต่อมโนทัศน์ในชีววิทยา เรื่อง ระบบนิเวศ ผลการวิจัยพบว่าคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง ระบบนิเวศ ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ร่วมกับการใช้เกมและสถานการณ์จำลองสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ

งานวิจัยในประเทศ

ประกาศิต จันทศ (2537: 76) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลการสอนวิชาเคมี เรื่อง ตารางธาตุ ด้วยโมเดลวงจรการเรียนรู้ประยุกต์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 66 คน แบ่งออกเป็น 2 กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จำนวน 32 และ 34 คน ตามลำดับ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมี เรื่อง ตารางธาตุ แบบวัดเจตคติต่อการสอน และแบบวัดการคิดอย่างมีเหตุผลของเบอร์นีย์ (Burney) ใช้เวลาในการทดลองสอนทั้งหมด 10 คาบ โดยกลุ่มควบคุมเรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติตามคู่มือครูของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และกุล่มทดลองเรียนโดยใช้โมเดลวงจรการเรียนรู้ประยุกต์ ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาเคมีเรื่องตารางธาตุของนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติกับใช้โมเดลวงจรการเรียนรู้ประยุกต์แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีแนวโน้มว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้โมเดลวงจรการเรียนรู้ประยุกต์มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มควบคุม 2) นักเรียนที่เรียนวิชาเคมี เรื่องตารางธาตุ ด้วยวิธีการสอนแบบปกติและใช้โมเดลวงจรการเรียนรู้ประยุกต์ มีเจตคติต่อการสอนในระดับดี คิดเป็น ร้อยละ 58.82 และ 100.00 ตามลำดับ และ 3) การแจกแจงจำนวนนักเรียนตามระดับพัฒนาการทางสติปัญญาการเรียนรู้ของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ก่อนเรียนและหลังเรียน มีการแจกแจงเหมือนกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จันทร์พร พรหมมาศ (2541: 129) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อสัมฤทธิ์ผลและพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่1-3 ระดับชั้นละ 2 ห้องเรียน แต่ละระดับชั้นแบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม รวมจำนวน 245 คน ใช้เวลาในการทดลอง 10 สัปดาห์ รวม 30 คาบต่อห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบมโนทัศน์เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบสังเกตพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ มีพฤติกรรมที่ส่งเสริมการเรียนวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ในขั้นการศึกษาสำรวจ ในระดับที่ควรปรับปรุง ในขั้นการสร้างมโนทัศน์ส่วนใหญ่อยู่ในระดับพอใช้ และในขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ส่วนใหญ่อยู่ในระดับพอใช้และในระดับที่ควรปรับปรุง จำนวน 5 พฤติกรรมเท่านั้น

2. ในการใช้วงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์นั้น นักเรียนมีพฤติกรรมที่ส่งเสริมการเรียนวิทยาศาสตร์ในขั้นการสร้างมโนทัศน์ อยู่ในระดับที่ดีกว่าในขั้นการศึกษาสำรวจและขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ ในทุกระดับความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงมีพฤติกรรมที่ส่งเสริมการเรียนวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับที่ดีกว่านักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนปานกลางและต่ำ ในทุกขั้นตอนของการเรียนการสอน

3. นักเรียนกลุ่มทดลอง มีมโนทัศน์เกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในทุกชั้นของระดับมัธยมศึกษาตอนต้น

4. ในกลุ่มนักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงและปานกลางในทุกระดับชั้น และนักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์ต่ำในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และ 3 นั้น นักเรียนกลุ่มทดลองมีมโนทัศน์เกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในขณะที่นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์ต่ำในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ของทั้ง 2 กลุ่ม มีมโนทัศน์เกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

5. ในกลุ่มนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงและปานกลางในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์ปานกลางในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์ต่ำในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และ 3 นักเรียนกลุ่มทดลองมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในขณะที่นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์ต่ำในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ทั้ง 2 กลุ่ม มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

6. ในกลุ่มนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูง ปานกลาง และต่ำในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 และ 2 และนักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์ต่ำในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 นักเรียนกลุ่มทดลอง มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ในขณะที่นักเรียนที่มีระดับความสามารถทางการเรียน

วิทยาศาสตร์สูงและปานกลางในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ของทั้ง 2 กลุ่ม มีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ไม่แตกต่างกัน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

วิชาญ เลิศลพ (2543: 113) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลการเรียนรู้โดยวิธีจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบวงจรการเรียนรู้ รูปแบบ สสวท. และรูปแบบการผสมผสานระหว่างวงจรการเรียนรู้กับ สสวท. โดยแบ่งนักเรียนออกเป็น 3 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 เรียนตามรูปแบบวงจรการเรียนรู้ กลุ่มที่ 2 เรียนตามรูปแบบสสวท. และกลุ่มที่ 3 เรียนตามรูปแบบการผสมผสานระหว่างวงจรการเรียนรู้กับรูปแบบสสวท. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาฟิสิกส์เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิคอย่างง่ายและคลื่น แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเรื่องการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิคอย่างง่ายและคลื่น และแบบวัดเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ ผลการวิจัย พบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาฟิสิกส์เรื่องการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิคอย่างง่ายและคลื่นของนักเรียนทั้ง 3 กลุ่มแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยนักเรียนในกลุ่มที่ 1 และ 3 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มที่ 2 2) ความสามารถในการแก้ปัญหาในวิชาฟิสิกส์เรื่องการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิคอย่างง่ายและคลื่นของนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกัน 3) ความคงทนในการเรียนรู้เรื่องการเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิคอย่างง่ายและคลื่นของนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยนักเรียนในกลุ่มที่ 1 และ 3 มีความคงทนในการเรียนรู้สูงกว่านักเรียนในกลุ่มที่ 2 และ4) เจคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 โดยนักเรียนในกลุ่มที่ 1 และ 3 มีเจตคติต่อวิชาฟิสิกส์ดีกว่านักเรียนในกลุ่มที่ 2

สราวุฒิ บุญยืน (2542: 94) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการสอนวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้เรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 73 คน แบ่งออกเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จำนวน 37 และ 36 คน ตามลำดับ ใช้เวลาในการทดลองสอนทั้งหมด 34 คาบในแต่ละกลุ่ม โดยกลุ่มทดลองเรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ ส่วนกลุ่มควบคุมเรียนด้วยวิธีปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน และแบบวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์แตกต่างจากนักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แตกต่างจากนักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ3) นักเรียนกลุ่มทดลองมีความคงทนในการเรียนรู้อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้วงจร

การเรียนรู้เรื่องเครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้านแตกต่างจากนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้วงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ทั้งในต่างประเทศและในประเทศ สรุปได้ดังนี้

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการใช้วงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาเปรียบเทียบคุณลักษณะของผู้เรียนที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการดังกล่าวกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีปกติ ซึ่งคุณลักษณะของผู้เรียนที่ได้มีการศึกษาเปรียบเทียบ ได้แก่

1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในวิชาวิทยาศาสตร์
2) มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
3) ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์
4) การให้เหตุผลแบบนามธรรมและรูปธรรม
5) การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
6) การคิดอย่างมีเหตุผล
7) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
8) เจตคติต่อวิทยาศาสตร์
9) เจตคติต่อการสอนวิชาวิทยาศาสตร์
10) เจตคติต่อการปฏิบัติทดลอง
11) พฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์

ซึ่งผลการวิจัยส่วนใหญ่พบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้มีคะแนนเฉลี่ยคุณลักษณะต่าง ๆ สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ แต่อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยของ ไคลเดียนสท์ (Klidienst, 1993) พบว่า นักเรียนที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไม่แตกต่างจากนักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ และผลการวิจัยของฮานเลย์ (Hanley, 1997) พบว่า ผลสัมฤทธิ์ด้านความรู้เกี่ยวกับนิเวศวิทยาและวิธีการเรียนการสอนไม่มีความสัมพันธ์กัน

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

งานวิจัยในต่างประเทศ

ลอว์สัน (Lawson, 1985: 569) ได้ศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงนามธรรม (formal reasoning) พบว่า

1. ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงนามธรรม มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

2. การเกิดมโนทัศน์มีความเกี่ยวข้องกับกระบวนการพัฒนาสภาวะสมดุล เนื่องจากการซึมซับเข้าสู่โครงสร้างทางความคิด และการปรับโครงสร้างทางความคิด มีความสัมพันธ์กับแบบแผนการให้เหตุผล

3. การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามขั้นตอนวงจรการเรียนรู้ เป็นวิธีการเรียนการสอนที่มีประสิทธิภาพ ที่ช่วยส่งเสริมการพัฒนาแบบแผนการให้เหตุผล

บิทเนอร์ (Bitner, 1991) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 9 –12 จำนวน 101 คน ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการให้เหตุผล เป็นตัวทำนายผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ได้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ โดยสามารถอธิบายความแปรปรวนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ได้ร้อยละ 62

ลอว์สันและวอร์สนอบ (Lawson and Worsnop, 1992: 143) ได้ทำการวิจัยเกี่ยวกับการเกิดมโนทัศน์ และความสามารถในการให้เหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเท่ากับ 6.2 และความสามารถในการให้เหตุผลกับการเกิดมโนทัศน์ของนักเรียนมีความสัมพันธ์กันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .001

คียส์ (Keys, 1994: 1003) ได้ทำการวิจัยเพื่อประเมินผลการเขียนรายงานการทดลองแบบร่วมกันของนักเรียนที่ใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์พบว่า การเขียนรายงานที่มีการกำหนดโครง สร้างนั้น สามารถส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ นักเรียนใช้การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เพื่อประเมินความเข้าใจเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ การสังเกต การตีความหมายข้อมูล และลงข้อสรุป และการสร้างรูปแบบจากข้อมูลที่ได้จากการทดลองและข้ออื่น ๆ ที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

นิพนธ์ นิลคง (2541: ง) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรก ทักษะการคำนวณในการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถในการแก้โจทย์ฟิสิกส์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กรุงเทพมหานคร และเพื่อสร้างสมการถดถอยพหุคูณในการทำนายความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์โดยใช้ความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรก และทักษะการคำนวณในการเรียนวิชาฟิสิกส์เป็นตัวพยากรณ์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย แผนการเรียนคณิตศาสตร์-วิทยาศาสตร์ ในโรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัดกรมสามัญศึกษา กรุงเทพมหานครจำนวน 489 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ 1) แบบทดสอบความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรก 2) แบบทดสอบทักษะการคำนวณในการเรียนวิชาฟิสิกส์ และ 3) แบบทดสอบความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ผลการวิจัยพบว่า 1) ความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกมีความสัมพันธ์กับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ในทิศทางบวกโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.69 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 2) ทักษะการคำนวณในการเรียนวิชาฟิสิกส์มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ในทิศทางบวกโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.83 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 3) ความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกมีความสัมพันธ์กับทักษะการคำนวณในการเรียนวิชาฟิสิกส์ในทิศทางบวกโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เท่ากับ 0.71 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 4) ความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกและทักษะการคำนวณในการเรียนวิชาฟิสิกส์มีความสัมพันธ์กับความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ในทิศทางบวกโดยมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์พหุคูณเท่ากับ 0.84 ที่ระดับนัยสำคัญทางสถิติ 0.01 และ 5) สมการพยากรณ์ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ (Y) โดยใช้ความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรก (X_1) และทักษะการคำนวณในการเรียนวิชาฟิสิกส์ (X_2) เป็นตัวพยากรณ์มีรูปแบบดังนี้ สมการพยากรณ์ในรูปแบบคะแนนดิบคือ $Y_C = -7.2601 + 0.3226 X_1 + 0.8611 X_2$ สมการพยากรณ์ในรูปคะแนนมาตรฐานคือ $Z_C = 0.2123 Z_1 + 0.6740 Z_2$

พัชรินทร์ เภาตะคุ (2546, ง) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดแบบนิรนัยและแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ระหว่างกลุ่มที่เรียนโดยใช้และไม่ใช้เอกสารสรุปมโนทัศน์ กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 50 คน โดยแบ่งเป็นกลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้เอกสารสรุปมโนทัศน์ประกอบการเรียนการสอน จำนวน 26 คน และกลุ่มควบคุมเรียนโดยไม่ใช้เอกสารสรุปมโนทัศน์ประกอบการเรียนการสอน จำนวน 24 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการคิดแบบนิรนัยและอุปนัย ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

คณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษากลุ่มที่เรียนโดยใช้เอกสารสรุปมโนทัศน์สูงกว่ากลุ่มที่เรียนโดยไม่ใช้เอกสารสรุปมโนทัศน์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 2) ความสามารถในการคิดแบบนิรนัยและแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษากลุ่มที่เรียนโดยใช้เอกสารสรุปมโนทัศน์ไม่แตกต่างจากกลุ่มที่เรียนโดยไม่ใช้เอกสารสรุปมโนทัศน์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั้งในต่างประเทศและในประเทศ สรุปได้ดังนี้

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่เป็นการวิจัยเชิงทดลองและเชิงศึกษาความสัมพันธ์ โดยการวิจัยเชิงทดลองเป็นการศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์โดยใช้ตัวแปรจัดกระจำในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ได้แก่ วิธีการเขียนรายงานการทดลองแบบร่วมกันของนักเรียน และการเรียนการสอนโดยใช้และไม่ใช่เอกสารสรุปมโนทัศน์ ซึ่งผลการวิจัยพบว่า การเขียนรายงานที่มีการกำหนดโครงสร้างสามารถส่งเสริมการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน และ ความสามารถในการคิดแบบนิรนัยและแบบอุปนัยของนักเรียนที่เรียนวิชาคณิตศาสตร์โดยใช้เอกสารสรุปมโนทัศน์ไม่แตกต่างจากนักเรียนที่เรียนโดยไม่ใช้เอกสารสรุปมโนทัศน์ตามลำดับ และการวิจัยเชิงศึกษาความสัมพันธ์เป็นการศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการให้หุตผลเชิงวิทยาศาสตร์กับตัวแปรอื่น ๆ ได้แก่ 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ 2) มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 3) ทักษะการคำนวณในการเรียนวิชาฟิสิกส์ และ 4) ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ ผลการวิจัยพบว่า 1) ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ 2) ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์มีความสัมพันธ์กับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 3) ความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรกมีความสัมพันธ์กับทักษะการคำนวณในการเรียนวิชาฟิสิกส์ และ ความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

งานวิจัยในต่างประเทศ

โนเบิล (Noble, 1991: 1703) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาเปรียบเทียบความเข้าใจมโนทัศน์เกี่ยวกับการแพร่และออสโมซิสของนักศึกษากับอาจารย์ผู้สอนวิชาชีววิทยาในวิทยาลัย กลุ่มตัวอย่าง

เป็นนักศึกษาในวิทยาลัยชั้นปีที่ 1 ที่เรียนวิชาชีววิทยา จำนวน 25 คน และอาจารย์ผู้สอนวิชาชีววิทยา จำนวน 6 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบประเมินมโนทัศน์ และเทปบันทึกการสัมภาษณ์มโนทัศน์เกี่ยวกับการแพร่และออสโมซิส ผลการวิจัยพบว่า 1) นักศึกษา 4 คน มีความเข้าใจมโนทัศน์เกี่ยวกับการแพร่และออสโมซิสในบางประเด็น และมีความเข้าใจเล็กน้อยในประเด็นอื่น ๆ 2) นักศึกษา 3 คน มีความเข้าใจมโนทัศน์เกี่ยวกับการแพร่และการทำนายเกี่ยวกับการแพร่สูง 3) นักศึกษา 1 คนมีความเข้าใจมโนทัศน์เกี่ยวกับออสโมซิสสูง สำหรับนักศึกษาจำนวนที่เหลือมีความเข้าใจมโนทัศน์เกี่ยวกับการแพร่และออสโมซิสไม่ครบถ้วนและไม่เพียงพอ รวมถึงความเข้าใจมโนทัศน์เกี่ยวกับการแพร่และออสโมซิสที่คลาดเคลื่อน ในประเด็นดังต่อไปนี้ 1) พลังงานจลน์ของโมเลกุล 2) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างโมเลกุล 3) ภาวะสมดุลของการแพร่ 4) ความแตกต่างระหว่างความดันและความเข้มข้น และ 5) เยื่อเลือกผ่าน

เฮจลิน (Hagelin, 1991: 202) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาสำรวจและรวบรวมเอกสารเกี่ยวกับความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับน้ำของนักเรียน กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนที่เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ในเกรด 4, 6, และ 8 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบมโนทัศน์เกี่ยวกับน้ำ และเทปบันทึกภาพกิจกรรมการเรียนการสอน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนในแต่ละเกรดมีความเข้าใจมโนทัศน์เกี่ยวกับน้ำในรูปของสารละลายที่มีน้ำหนักและความหนาแน่นไม่เท่ากันแตกต่างกัน และจากการศึกษาเทปบันทึกภาพกิจกรรมการเรียนการสอน ได้ข้อเสนอแนะว่าความเข้าใจมโนทัศน์ในเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่จะสอนของครูมีอิทธิพลต่อความเข้าใจมโนทัศน์ของนักเรียน และการทดสอบนักเรียนก่อนเรียนจะมีผลดีต่อการ วางแผนออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอน

ฟลอกเนอร์ (Faulkner, 1993: 879) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาอิทธิพลของกลวิธีสอนที่มีต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเซลล์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเกรด 5 และ 6 กลุ่ม ตัวอย่างเป็นนักเรียนเกรด 5 และ 6 ในโรงเรียนชุมชนมิสซิสซิปปี แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ โดยกำหนดให้นักเรียนในแต่ละเกรดเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยกลุ่มทดลองได้รับการสอนโดยใช้กิจกรรมปฏิบัติการทดลอง 3 วิธี ได้แก่ 1. guided discovery โดยการใช้โมเดลจำลองและการเปรียบเทียบ 2. open inquiry โดยใช้แว่นขยายและกล้องจุลทรรศน์ และ 3. discovery demonstration โดยใช้วิดีทัศน์การใช้กล้องจุลทรรศน์ และกลุ่มทดลองได้รับการสอนด้วยวิธีปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเซลล์ และแบบวัดเจตคติทางวิทยาศาสตร์มาตรฐาน ผลการวิจัยพบว่า 1) กลวิธีการสอนโดยใช้กิจกรรมปฏิบัติการทดลองทั้ง 3 วิธีมีอิทธิพลต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับเซลล์ของนักเรียนไม่แตกต่างกันทั้ง 2 เกรด 2) หลังการทดลองเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนไม่เปลี่ยนแปลง

เคเกอร์ (Cakir, 2005: 3262) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการใช้สถานการณ์จำลองผ่านคอมพิวเตอร์ที่มีต่อความเข้าใจเกี่ยวกับการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์เกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของเมลเดลของครูวิทยาศาสตร์ก่อนประจำการระดับมัธยมศึกษา กลุ่มตัวอย่างเป็นครูวิทยาศาสตร์ก่อนประจำการจำนวน 12 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบสอบถามเกี่ยวกับการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ แบบวัดมโนทัศน์เกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของเมลเดล และแบบสัมภาษณ์กึ่งโครงสร้างผลการวิจัยพบว่า ครูวิทยาศาสตร์ก่อนประจำการระดับมัธยมศึกษามีความเข้าใจเกี่ยวกับการสืบสอบและมโนทัศน์เกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของเมลเดลสูงกว่าก่อนการทดลอง

งานวิจัยในประเทศ

อิศรา ชัยพันธ์วิริยาพร (2542: I) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการสอนโดยใช้เอกสารประกอบการเรียนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ด้านมโนทัศน์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนลาดปลาเค้าพิทยาคม เขตลาดพร้าว กรุงเทพมหานคร 2 ห้องเรียน จำนวน 90 คน แบ่งออกเป็นกลุ่มทดลอง 1 ห้องเรียน จำนวน 46 คน เรียนโดยใช้เอกสารประกอบการเรียน และกลุ่มควบคุม 1 ห้องเรียน จำนวน 44 คน เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านมโนทัศน์ และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านมโนทัศน์ของนักเรียนกลุ่มทดลองไม่แตกต่างจากกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นบูรณาการ กลุ่มทดลองสูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

สุวัฒน์ ไกรมาก (2544: 64-65) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมโดยวิธีการวิจัยปฏิบัติการที่มีต่อมโนทัศน์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและความสามารถในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 80 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง และกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 40 คน โดยกลุ่มทดลองเรียนโดยวิธีการวิจัยปฏิบัติการ และกลุ่มเปรียบเทียบเรียนโดยวิธีการเรียนแบบปกติ ใช้เวลาในการทดลอง 18 คาบเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ แบบวัดมโนทัศน์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อม และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อม ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนกลุ่มทดลองมีมโนทัศน์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมหลังการเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01 และ2) นักเรียนกลุ่มทดลองมีความ

สามารถในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

ศาสตรา ศรนารายณ์ (2545: I-II) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาการเกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนโครงการขยายโอกาสทางการศึกษา สังกัดสำนักงานการประถมศึกษา จังหวัดฉะเชิงเทรา กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จาก 82 โรงเรียน จำนวน 394 คน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ

แบบทดสอบการเกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 8 มโนทัศน์ คือ

1. การสร้างอาหารของพืช เรื่อง การแลกเปลี่ยนแก๊ส
2. การสร้างอาหารของพืช เรื่อง การลำเลียงอาหาร
3. การสร้างอาหารของพืช เรื่อง อาหาร
4. คุณสมบัติบางประการของน้ำ เรื่อง แรงดัน
5. คุณสมบัติบางประการของน้ำ เรื่อง ปริมาตร
6. คุณสมบัติบางประการของน้ำ เรื่อง การควบแน่น
7. สารรอบตัว เรื่อง สารละลาย
8. การใช้อุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ช่วยขยายประสาทสัมผัสทางตา

แบบสอบถามเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ใน 5 ด้าน คือ

1. ความรู้สึกต่อวิทยาศาสตร์โดยทั่ว ๆ ไป
2. ความรู้สึกถึงความสำคัญของวิทยาศาสตร์
3. ความนิยมชมชอบวิทยาศาสตร์
4. ความสนใจต่อวิทยาศาสตร์
5. การแสดงออกหรือมีส่วนร่วมในกิจกรรมวิทยาศาสตร์

ผลการวิจัยพบว่า

1. นักเรียนเกิดมโนทัศน์คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์มากที่สุด รองลงมาไม่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์น้อยที่สุด

2. นักเรียนที่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์คาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์มีเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับสูง และที่ไม่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มีเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลาง

3. นักเรียนที่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มโนทัศน์คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ และไม่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มีเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จุฑารัตน์ ชนานุสาสน์ (2546: 84-85) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาผลของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้กลวิธีเมตาคอกนิชันที่มีต่อการพัฒนาเมตาคอกนิชันในการอ่านและการแก้ปัญหาและต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 60 คน แบ่งออกเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มละ 30 คน โดยกลุ่มทดลองเรียนโดยใช้กลวิธีเมตาคอกนิชัน และกลุ่มควบคุมเรียนแบบปกติ ใช้เวลาในการทดลอง 8 สัปดาห์ เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลมี 3 ชุด คือ 1) มาตรวัดเมตาคอกนิชันในการอ่าน 2) มาตรวัดเมตาคอกนิชันในการแก้ปัญหา และแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนในกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเมตาคอกนิชันในการอ่านสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 2) นักเรียนในกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยเมตาคอกนิชันในการแก้ปัญหาสูงกว่าก่อนเรียน และสูงกว่ากลุ่มเปรียบเทียบ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 และ 3) นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละของคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ภายหลังการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ต่ำกว่าร้อยละ 70 แต่สูงกว่ากลุ่มควบคุม อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งในต่างประเทศและในประเทศ สรุปได้ดังนี้

การศึกษาวิจัยเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่เป็นการวิจัยเชิงทดลอง เพื่อศึกษาเปรียบเทียบมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เกิดจากการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการและเทคนิคต่าง ๆ กับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีปกติ ซึ่งวิธีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่ได้มีการศึกษาวิจัย ได้แก่

1) การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้กิจกรรมปฏิบัติทดลอง
2) การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้สถานการณ์จำลองผ่านคอมพิวเตอร์
3) การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้เอกสารประกอบการเรียน
4) การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมโดยวิธีการวิจัยปฏิบัติการ
5) การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้กลวิธีเมตาคอกนิชัน

ซึ่งผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการดังกล่าวข้างต้นมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ แต่อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยของอิศรา ชัยพันธ์วิริยาพร (2542) พบว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยใช้เอกสารประกอบการเรียนไม่แตกต่างจากนักเรียนกลุ่มที่เรียนวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีการสอนแบบปกติ

และผลการวิจัยของจุฑารัตน์ ชนานุสาสน์ (2546) พบว่า นักเรียนที่เรียนวิทยาศาสตร์โดยใช้กลวิธีเมตาคอกนิชันมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละมโนทัศน์หลังการเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ต่ำกว่าร้อยละ 70 นอกจากนี้ ยังได้มีการศึกษาวิจัยเชิงสำรวจเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งผลการวิจัยของ โนเบิล (Noble, 1991) พบว่า นักศึกษามีมโนทัศน์เกี่ยวกับการแพร่และออสโมซิสที่คลาดเคลื่อน ในประเด็นดังต่อไปนี้ 1) พลังงานจลน์ของโมเลกุล 2) ปฏิสัมพันธ์ระหว่างโมเลกุล 3) ภาวะสมดุลของการแพร่ 4) ความแตกต่างระหว่างความดันและความเข้มข้น และ 5) เยื่อเลือกผ่าน และผลการวิจัยของ ศาสตรา ศรนารายณ์ (2545) พบว่า นักเรียนเกิดมโนทัศน์คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์มากที่สุด รองลงมาไม่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์น้อยที่สุด โดยนักเรียนที่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์คาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์มีเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับสูง และที่ไม่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มีเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับปานกลาง นอกจากนี้นักเรียนที่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มโนทัศน์คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ และไม่มีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มีเจตคติต่อวิชาวิทยาศาสตร์แตกต่างกัน

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย มีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (Quasi-Experimental Research) มีกลุ่มตัวอย่าง 2 กลุ่ม คือ กลุ่มทดลองเรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย และกลุ่มควบคุมเรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ มีการเก็บข้อมูลทั้ง 2 กลุ่มก่อนและหลังการทดลอง (Pre-test – Post-test) ดังแผนภาพที่ 3

ภาพที่ 3 รูปแบบการวิจัยแบบ Two group pretest – posttest design

กลุ่มทดลอง	O_1 ———— X ———— O_2
กลุ่มควบคุม	O_1 ———— ~X ———— O_2

O_1 หมายถึง การเก็บข้อมูลก่อนการทดลอง

X หมายถึง การสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย

~X หมายถึง การสอนแบบปกติ

O_2 หมายถึง การเก็บข้อมูลหลังการทดลอง

2. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียน สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 โรงเรียนเทพศิรินทร์ กรุงเทพมหานคร โดยดำเนินการเลือกกลุ่มตัวอย่างตามขั้นตอนดังนี้

1) เลือกโรงเรียน

เลือกโรงเรียนโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) โดยเลือกให้โรงเรียนเทพศิรินทร์ เขตป้อมปราบศัตรูพ่าย กรุงเทพมหานคร เป็นแหล่งกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยเนื่องจากโรงเรียนเทพศิรินทร์เป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ ที่เปิดสอนในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย โดยมัธยมศึกษาตอนปลายเปิดสอนในแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์จำนวน 6 ห้องเรียน และเป็นโรงเรียนที่มีการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 นอกจากนี้ ผู้บริหารและอาจารย์ของโรงเรียนเทพศิรินทร์ได้ให้การสนับสนุนและความร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี

2) เลือกกลุ่มตัวอย่าง

เลือกกลุ่มตัวอย่างแบบเจาะจง เนื่องจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีจำนวน 6 ห้องเรียน ผู้วิจัยจึงพิจารณาคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา ว40103 วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนโดยมีขั้นตอน ดังต่อไปนี้

3.1 นำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา ว40103 วิทยาศาสตร์ ปีการศึกษา 2548 ภาคการศึกษาต้น ของนักเรียนทั้ง 6 ห้อง มาทำการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว (One-Way ANOVA) โดยใช้สถิติทดสอบ เอฟ (F-test) เพื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ย ($\overline{X}$) วิชา ว40103 วิทยาศาสตร์ของนักเรียนทั้ง 6 ห้องเรียน แล้วทำการทดสอบคะแนนเฉลี่ยเป็นรายคู่ (Post Hoc Tests) พบว่านักเรียนจำนวน 4 ห้องเรียน 2 คู่ มีคะแนนเฉลี่ยไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ คือ ห้อง ม.4/1 กับ ม.4/2 และ ห้อง ม.4/5 กับ ม.4/6

3.2 เลือกห้องเรียนที่จะใช้เป็นกลุ่มตัวอย่าง โดยพิจารณาจากระดับความมีวินัยในการเรียนของนักเรียน จึงได้ ห้อง ม.4/5 และ ม.4/6 เป็นกลุ่มตัวอย่าง ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ย 85.22 และ 89.77 และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.41 และ 2.00 ตามลำดับ

3.3 ทำการสุ่มอย่างง่ายด้วยวิธีการจับฉลากเพื่อกำหนดกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดย กลุ่มทดลอง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/6 จำนวน 49 คน และกลุ่มควบคุม คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/5 จำนวน 49 คน

3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 ประเภท คือ

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลมี 2 ประเภท ได้แก่
   1.1 แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
   1.2 แบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยา เรื่องเอนไซม์และเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ซึ่งมี 2 แบบ คือ
   2.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย
   2.2 แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

รายละเอียดการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล มีดังนี้

1) **แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์** เป็นข้อสอบปรนัย 5 ตัวเลือก ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้น โดยได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. กำหนดวัตถุประสงค์ในการสร้างแบบวัด โดยเป็นแบบวัดที่ใช้สำหรับวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบนิรนัยและอุปนัยของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายที่ใช้ในการวิเคราะห์สถานการณ์ หรือทำนายผล ซึ่งแบบวัดดังกล่าวจะใช้สำหรับทดสอบนักเรียนกลุ่มทดลอง ก่อนและหลังการทดลอง

2. กำหนดกรอบเนื้อหาสาระของแบบวัด

   2.1 ศึกษาความหมาย และแนวคิดเกี่ยวกับการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

   2.2 ศึกษาหลักการและลักษณะของแบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ 2 แบบ คือ การให้เหตุผลเชิงนิรนัย และการให้เหตุผลเชิงอุปนัย

   2.3 กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั้ง 2 แบบ และจัดทำตารางวิเคราะห์โครงสร้างของแบบวัดตามการให้เหตุผลแต่ละแบบและ โดยกำหนดสัดส่วนจำนวนข้อสอบการให้เหตุผลแบบละ 25 ข้อ รวมจำนวนข้อสอบทั้งฉบับ 50 ข้อ

2.4 สร้างข้อสอบปรนัยแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก ข้อสอบแต่ละข้อถามเกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ทั่วไป โดยกำหนดสถานการณ์ปัญหาให้ อาจมีบทความ รูปภาพ หรือคำอธิบายประกอบภาพเพื่อเพิ่มความเข้าใจเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหานั้น ซึ่งนำไปสู่ข้อคำถาม นักเรียนต้องเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว โดยเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อคือ ถ้าตอบถูกให้ 1 คะแนน ถ้าตอบผิด หรือไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ข้อให้ 0 คะแนน

2.5 นำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบภาษา และความครอบคลุมรูปแบบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั้ง 2 แบบ แล้วนำไปแก้ไขปรับปรุง จากนั้นนำแบบวัดไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ ในภาคผนวก ก) ตรวจพิจารณาความครอบคลุมรูปแบบของการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั้ง 2 แบบ ลักษณะการใช้คำถาม ตัวเลือก ตัวลวง ตลอดจนความชัดเจนของภาษา แล้วนำมาแก้ไขปรับปรุงตามข้อเสนอแนะ โดยมีรายละเอียดดังนี้

ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ สรุปได้ดังนี้

1) ไม่ควรใช้คำที่ไม่ใช่ศัพท์ทางการแพทย์ในบทความที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ตัวอย่างคำที่ไม่ใช่ศัพท์ทางการแพทย์ เช่น good fats และ bad fats เป็นต้น

2) ควรกำหนดสถานการณ์ที่มีโอกาสเป็นไปได้ เช่น สถานการณ์ในข้อ.5 กำหนดว่า ถ้าฉันผ่าตัดตับออกไป ควรแก้เป็น ถ้าฉันไม่มีตับ เป็นต้น

3) ควรเปลี่ยนตัวลวงจาก สรุปได้ไม่แน่นอน และ ไม่มีข้อสรุปใดที่ถูกต้อง เป็นประโยคบอกเล่าอื่น ๆ

4) ควรให้ข้อมูลเพิ่มเติมสำหรับข้อคำถามที่ความรู้เดิมของนักเรียนอาจมีผลต่อการเลือกคำตอบ เช่น คำถามในข้อ.38-39 ที่ถามเกี่ยวกับผลการเปลี่ยนแปลงของสารแต่ละชนิดที่ผสมกับน้ำลายเมื่อทำปฏิกิริยากับสารทดสอบชนิดต่าง ๆ เป็นต้น

5) ควรเปลี่ยนศัพท์เทคนิคทางวิทยาศาสตร์เป็นตัวแปรอื่นเพื่อป้องกันไม่ให้ความรู้เดิมของนักเรียนมีผลต่อการเลือกคำตอบ เช่น คำถามในข้อ.42 ในส่วนของตัวเลือกควรเปลี่ยนคำว่า เอนไซม์ เป็น สารชนิดหนึ่ง เป็นต้น

2.6 นำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่แก้ไขปรับปรุงแล้ว ไปทดลองใช้ครั้งที่ 1 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเทพศิรินทร์ จำนวน 51 คน ซึ่งมีลักษณะคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่าง แล้วนำผลที่ได้มาตรวจให้คะแนนและวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบวัดโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์แบบสอบ (Test Analysis Program version 6.63 : TAP version 6.63) เพื่อหาความเที่ยงของแบบวัด ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบรายข้อ

2.7 พิจารณาผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดและคุณภาพข้อสอบรายข้อแล้วทำการเลือกข้อสอบเพื่อสร้างเป็นแบบวัด โดยเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายที่อยู่ในช่วง

0.20-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป และแก้ไขปรับปรุงข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกไม่เป็นไปตามเกณฑ์ โดยปรับข้อคำถามและตัวลวงให้เหมาะสม

2.8 นำแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ที่แก้ไขปรับปรุงแล้วจำนวน 50 ข้อ ไปทดลองใช้ครั้งที่ 2 กับนักเรียนกลุ่มเดิม แล้วนำผลที่ได้มาตรวจให้คะแนนและวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบวัดโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์แบบสอบ (TAP version 6.63) เพื่อหาความเที่ยง โดยเลือกใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson) ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.87 และผลการวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อโดยใช้โปรแกรมดังกล่าวเพื่อหาค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนก พบว่า แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ทั้ง 50 ข้อ มีค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกอยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ได้ คือ มีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.22-0.80 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.20-0.80 (รายละเอียด ปรากฏในภาคผนวก ง)

2) **แบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา** เป็นแบบวัดความคิด ความเข้าใจโดยสรุปในเนื้อหาชีววิทยา เรื่อง เอนไซม์และเซลล์ของสิ่งมีชีวิต เป็นแบบปรนัย 4 ตัวเลือก โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา และตอนที่ 2 เป็นเหตุผลสนับสนุนการเลือกคำตอบในตอนที่ 1 ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้สร้างขึ้น โดยผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนต่อไปนี้

1. ศึกษาหนังสือ เอกสาร งานวิจัยทั้งในประเทศ และในต่างประเทศเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
2. ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวกับวิธีการสร้างแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
3. วิเคราะห์เนื้อหาที่ต้องการวัด
4. สร้างแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาให้สอดคล้องกับเนื้อหาที่ต้องการจะวัด โดยสร้างเป็นแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 38 ข้อ โดยเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละข้อ คือ ถ้าตอบถูกทั้งในส่วนข้อคำถามเชิงเนื้อหาและส่วนเหตุผลสนับสนุน ได้ 1 คะแนน ถ้าตอบถูกในส่วนใดส่วนหนึ่ง หรือไม่ตอบ หรือตอบมากกว่า 1 ข้อในแต่ละส่วนให้ 0 คะแนน
5. นำแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาที่สร้างขึ้น เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบภาษา และความครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้ชีววิทยาในเนื้อหาเอนไซม์และเซลล์ของสิ่งมีชีวิต แล้วนำไปแก้ไขปรับปรุง จากนั้นนำแบบวัดไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ ในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ ลักษณะการใช้คำถาม ตัวเลือก ตัวลวง และความถูกต้องของภาษา พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะในการแก้ไขปรับปรุงแบบวัด
6. นำข้อมูลที่รวบรวมได้จากข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงแก้ไขแบบวัดที่สร้างขึ้น โดยมีรายละเอียดดังนี้

ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ สรุปได้ดังนี้

1) ควรวงเล็บคำศัพท์เทคนิคทางวิทยาศาสตร์ภาษาอังกฤษในส่วนของตัวเลือกทุกตัว ในกรณีที่จำเป็นต้องวงเล็บคำศัพท์เทคนิคฯ คำใดคำหนึ่ง เพราะจะช่วยลดการเดาคำตอบของนักเรียน

2) ควรสร้างตัวเลือกให้สอดคล้องกับนิยามของคำศัพท์เทคนิคทางวิทยาศาสตร์นั้น ๆ เช่น ตัวเลือกที่ 4 ในส่วนเหตุผล ข้อ.18 จากเดิมคือ กระบวนการดังกล่าวอาศัยหลักการความแตกต่างของความดันระหว่างแก๊สทั้งสองชนิด ควรแก้เป็น กระบวนการดังกล่าวอาศัยหลักการความแตกต่างของความเข้มข้นระหว่างแก๊สทั้งสองชนิด เพราะจะได้สอดคล้องกับนิยามของคำว่า การแพร่ (diffusion)

3) ควรปรับตัวลวงบางตัวให้มีประสิทธิภาพในการลวงมากขึ้น เช่น ตัวลวงที่ 4 ในส่วนของข้อคำถาม ข้อ.12 จากเดิมคือ กำลังขยายเลนส์ใกล้ตาและเลนส์ใกล้วัตถุของกล้องจุลทรรศน์เท่ากับ 10 และ 20 เท่าตามลำดับ ควรแก้เป็น กำลังขยายเลนส์ใกล้ตาและเลนส์ใกล้วัตถุของกล้องจุลทรรศน์เท่ากับ 15 และ 20 เท่าตามลำดับ มิฉะนั้นตัวเลือกที่ 3 ซึ่งเป็นตัวเลือกที่ถูกต้องจะมีความเด่นชัดมากเกินไป

4) สถานการณ์ที่สร้างขึ้นเพื่อนำไปสู่ข้อคำถามควรมีหลักฐานทางวิชาการสนับสนุนให้มากที่สุด

5) ข้อคำถามแต่ละข้อควรมีความชัดเจน เพื่อประสิทธิภาพของข้อสอบ เช่น คำถามในข้อ.29 จากเดิม คือ ถ้าเพิ่มความดันให้กับสารละลายในภาชนะ B จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร ควรแก้เป็น คือ ถ้าเพิ่มความดันให้กับสารละลายในภาชนะ B จนกระทั่งเอาชนะความดันของสารละลายในภาชนะ A จะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

6) ภาพที่ใช้ประกอบในการสร้างข้อคำถามควรมีความชัดเจน เพื่อความมีประสิทธิภาพของข้อสอบ

7. นำแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาที่แก้ไขปรับปรุงแล้ว ไปทดลองใช้ครั้งที่ 1 กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนเทพศิรินทร์ ซึ่งได้ผ่านการเรียนรู้เนื้อหาชีววิทยา เรื่อง เอนไซม์และเซลล์ของสิ่งมีชีวิต มาแล้ว จำนวน 50 คน แล้วนำผลที่ได้มาตรวจให้คะแนนและวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบวัดโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์แบบสอบ (TAP version 6.63) เพื่อหาความเที่ยงของแบบวัด ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบรายข้อ

8. พิจารณาผลการวิเคราะห์คุณภาพของแบบวัดและคุณภาพข้อสอบรายข้อแล้วทำการเลือกข้อสอบเพื่อสร้างเป็นแบบวัด โดยเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายที่อยู่ในช่วง 0.20-0.80 และมีค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป และแก้ไขปรับปรุงข้อสอบที่ค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนกไม่เป็นไปตามเกณฑ์ โดยปรับข้อคำถามและตัวลวงให้เหมาะสม

9. นำแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาที่แก้ไขปรับปรุงแล้วจำนวน 30 ข้อ ไปทดลองใช้ครั้งที่ 2 กับนักเรียนกลุ่มเดิม แล้วนำผลที่ได้มาตรวจให้คะแนนและวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบวัดโดยใช้โปรแกรมวิเคราะห์แบบสอบ (TAP version 6.63) เพื่อหาความเที่ยง โดยเลือกใช้สูตร KR-20 ของคูเดอร์- ริชาร์ดสัน ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.89 และผลการวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อโดยใช้โปรแกรมดังกล่าวเพื่อหาค่าความยากง่าย และค่าอำนาจจำแนก พบว่า แบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาทั้ง 30 ข้อ มีค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกอยู่ในเกณฑ์ที่ใช้ได้ คือ มีค่าความยากง่ายอยู่ในช่วง 0.20-0.68 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ในช่วง 0.24-0.93 (รายละเอียด ปรากฏในภาคผนวก ง)

ตารางที่ 1 จำนวนข้อสอบของแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาเรื่อง เอนไซม์และเซลล์ของสิ่งมีชีวิต จำแนกตามเนื้อหาเรื่องเอนไซม์และเซลล์ของสิ่งมีชีวิต

เนื้อหา	จำนวนข้อสอบ
1. เอนไซม์และการทำงานของเอนไซม์	9
2. โครงสร้างของเซลล์ที่ศึกษาด้วยกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน	7
3. การรักษาดุลยภาพของเซลล์	14
รวม	**30**

2. **เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง** ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยา เรื่อง เอนไซม์และเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ซึ่งมี 2 แบบ คือ

2.1 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย

2.2 แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ซึ่งมีขั้นตอนในการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง มีดังนี้

1. ศึกษาจุดมุ่งหมายของหลักสูตร และขอบข่ายของเนื้อหาวิชาชีววิทยา จากเอกสารประกอบหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

2. ศึกษารายละเอียดของเนื้อหาที่จะนำมาสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ จากหนังสือเรียนและคู่มือครูสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 1

3. วิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้ จุดประสงค์เชิงพฤติกรรม กิจกรรมการเรียนการสอน และมโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง เอนไซม์และเซลล์ของสิ่งมีชีวิต

รายละเอียดการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ มีดังนี้

1) **แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย** ผู้วิจัยพัฒนาตามขั้นตอนดังนี้

1. ศึกษาหนังสือ เอกสาร วารสารและงานวิจัยทั้งในประเทศและในต่างประเทศที่เกี่ยวกับการใช้วงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

2. คัดเลือกเนื้อหาเรื่อง เอนไซม์และเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ซึ่งเหมาะสมสำหรับการพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยา

3. เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ให้ครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง เอนไซม์และเซลล์ของสิ่งมีชีวิต โดยเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย จำนวน 10 แผน รวม 28 คาบ

4. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นไปเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์พิจารณาตรวจสอบเพื่อให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับกิจกรรมการเรียนการสอนในแต่ละขั้นของวงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย แล้วนำมาแก้ไขปรับปรุง

5. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่แก้ไขปรับปรุงแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน (รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ ในภาคผนวก ก) ตรวจพิจารณาในด้านความตรงตามจุดประสงค์การเรียนรู้และความตรงตามเนื้อหาหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตลอดจนความเหมาะสมของเนื้อหาที่นำมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิง วิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยา แล้วนำมาแก้ไขปรับปรุง แสดงรายละเอียดในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เนื้อหาและจำนวนคาบในการเรียนการสอนชีววิทยา เรื่อง เอนไซม์และเซลล์ของสิ่งมีชีวิต

แผนการจัดการเรียนรู้	เนื้อหา	จำนวนคาบ
1	การทำงานของเอนไซม์	2
2	ปัจจัยที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์	2
3	การยับยั้งเอนไซม์	2
4	ลักษณะของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์	6
5	การเคลื่อนที่ของโมเลกุลของสาร	4
6	คุณสมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์	2
7	การออสโมซิสในพืช	2

8	ออสโมมิเตอร์จากไข่	2
9	ประเภทของสารละลายที่เกี่ยวข้องกับการออสโมซิส	3
10	การลำเลียงสารเข้า-ออกเซลล์	3
	รวม	**28**

6. นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้ (Try Out) กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนเทพศิรินทร์ ที่มีคุณสมบัติคล้ายคลึงกับกลุ่มตัวอย่าง เพื่อหาข้อบกพร่องของแผนการจัดการเรียนรู้แล้วนำมาแก้ไขปรับปรุงอีกครั้ง แล้วนำไปใช้ทดลองในการวิจัยครั้งนี้

2) **แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีการสอนแบบปกติ** ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาเช่นเดียวกับแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย แต่ไม่มีการใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย

4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยดำเนินการทดลองกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มตัวอย่างทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมด้วยตนเอง โดยมีลำดับขั้นดังต่อไปนี้

1. ขั้นเตรียมนักเรียนก่อนดำเนินการทดลอง ใช้เวลา 1 คาบ

1.1 สำหรับนักเรียนกลุ่มทดลอง ดำเนินตามขั้นตอนดังนี้

1.1.1 แนะนำวิธีการเรียนการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยให้นักเรียนกลุ่มทดลองเข้าใจ ในเรื่องต่อไปนี้

1) ลักษณะของวงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย

2) บทบาทของนักเรียนในกิจกรรมการเรียนการสอนชีววิทยาตามวงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย

3) วิธีการตั้งสมมติฐานนิรนัย

4) รูปแบบและวิธีการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบนิรนัยและอุปนัย

1.1.2 ฝึกให้นักเรียนตั้งสมมติฐานแบบนิรนัย และนำสมมติฐานที่นักเรียนกำหนดขึ้นมาวิเคราะห์ในประเด็นต่าง ๆ และนำข้อบกพร่องที่พบมาอภิปรายกับนักเรียน เพื่อให้เกิดความเข้าใจมากขึ้น

1.2 สำหรับนักเรียนกลุ่มควบคุม เป็นเพียงการชี้แจงเพื่อทำความเข้าใจและความคุ้นเคยกับนักเรียนเท่านั้น ทั้งนี้เพราะเป็นการเรียนการสอนแบบปกติ

2. ขั้นดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยดำเนินการสอนกับกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ที่สร้างขึ้น โดยใช้เวลาทั้งสิ้น 10 สัปดาห์ ๆ ละ 3 คาบ ๆ ละ 50 นาที รวมทั้งสิ้น 28 คาบ ตั้งแต่วันที่ 16 พฤศจิกายน 2548 ถึง 10 กุมภาพันธ์ 2549

3. ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูล

3.1 การเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง ผู้วิจัยทดสอบก่อนการเรียนทั้งกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ด้วยแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง เอนไซม์และเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ใช้เวลา 60 นาที ในสัปดาห์ก่อนทำการทดลอง และทำการทดสอบก่อนเรียนเฉพาะกลุ่มทดลอง ด้วยแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ใช้เวลา 60 นาที ในสัปดาห์แรกก่อนทำการทดลอง จากนั้นนำผลการทดสอบเฉพาะแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม มาทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยโดยใช้สถิติทดสอบค่าที (t-test) เพื่อต้องการทราบว่านักเรียนทั้งสองกลุ่มมีมโนทัศน์ชีววิทยาเรื่อง เอนไซม์และเซลล์ของสิ่งมีชีวิต แตกต่างกันหรือไม่ ผลปรากฏว่าคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

3.2 การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง หลังจากดำเนินการสอนครบตามแผนการจัดการเรียนรู้แล้ว ผู้วิจัยทดสอบหลังการเรียนกับนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม ด้วยแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง เอนไซม์และเซลล์ของสิ่งมีชีวิต ฉบับเดิม โดยใช้เวลา 60 นาที และทดสอบหลังเรียนเฉพาะนักเรียนกลุ่มทดลอง ด้วยแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ฉบับเดิม โดยใช้เวลา 60 นาที

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่เก็บรวบรวมจากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแต่ละประเภทมาทำการวิเคราะห์ทางสถิติโดยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

5.1 การวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.)

1. หาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ทั้งก่อนและหลังการทดลอง ของนักเรียนกลุ่มทดลอง โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 11.0 FOR WINDOWs

2. หาค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) และค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนมโนทัศน์ชีววิทยา หลังการทดลอง ของนักเรียนกลุ่มทดลอง โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 11.0 FOR WINDOWs แล้วประเมินผลคะแนนมโนทัศน์ชีววิทยาโดยนำค่าเฉลี่ยร้อยละเทียบกับเกณฑ์ของกรมวิชาการดังปรากฏในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 เกณฑ์การประเมินของกรมวิชาการ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2525: 158)

ช่วงคะแนนเป็นร้อยละ	ความหมาย
80-100	มีความสามารถอยู่ในระดับดีมาก
70-79	มีความสามารถอยู่ในระดับดี
60-69	มีความสามารถอยู่ในระดับปานกลาง
50-59	มีความสามารถอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำที่สุดที่กำหนดไว้
0-49	มีความสามารถอยู่ในระดับที่ต่ำกว่าเกณฑ์ขั้นต่ำ

5.2 การทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยด้วยสถิติทดสอบค่าที (t-test)

1. ทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนกลุ่มทดลอง ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง ด้วยสถิติทดสอบค่าที (t-test) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 11.0 FOR WINDOWs

2. ทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ชีววิทยา ของนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม ระหว่างก่อนและหลังการทดลอง ด้วยสถิติทดสอบค่าที (t-test) โดยใช้โปรแกรมสำเร็จรูป SPSS 11.0 FOR WINDOWs

ศูนย์วิทยทรัพยากร
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การศึกษาผลของการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย ผู้วิจัยได้เสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 3 ตอน ตามลำดับสมมติฐานการวิจัย ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเปรียบเทียบคะแนนมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยกับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย

จากการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย ซึ่งคะแนนเต็มความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยา เท่ากับ 50 และ 30 คะแนน ตามลำดับ ปรากฏผลดังตารางที่ 4

ตารางที่ 4 ค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) ของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย

คะแนน	($\overline{X}$)	($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$)
ความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	39.12	78.24
มโนทัศน์ชีววิทยา	16.14	53.80

จากตารางที่ 4 พบว่า คะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยเท่ากับ 78.24 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 60 และจัดอยู่ในเกณฑ์ที่มีความสามารถระดับดีมาก และคะแนนเฉลี่ยร้อยละมโนทัศน์ชีววิทยาเท่ากับ 53.80 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ร้อยละ 70 และจัดอยู่ในเกณฑ์ที่มีความสามารถระดับพอใช้

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ค่าสถิติเปรียบเทียบคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย

จากการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย ปรากฏผลดังตารางที่ 5

ตารางที่ 5 ค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย

การทดสอบ	ก่อนการเรียน		หลังการเรียน		t-test
	$\overline{X}$	S.D.	$\overline{X}$	S.D.	
กลุ่มทดลอง	31.24	5.76	39.12	4.51	10.599*

*p <0.05

จากตารางที่ 5 พบว่า คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์เท่ากับ 31.24 และ 39.12 ตามลำดับ

ตอนที่ 3 ผลการวิเคราะห์ค่าทางสถิติเปรียบเทียบคะแนนมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยกับนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ

จากการวิเคราะห์คะแนนมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยและนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ ปรากฏผลดังตารางที่ 6

ตารางที่ 6 ค่าสถิติทดสอบที (t-test) ของคะแนนมโนทัศน์ชีววิทยาหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยและนักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ

กลุ่มตัวอย่าง	($\overline{X}$)	S.D.	t-test
กลุ่มทดลอง	6.33	3.65	17.640*
กลุ่มควบคุม	16.14	3.32	

*p <0.05

จากตารางที่ 6 พบว่า คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 โดยมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ชีววิทยาเท่ากับ 6.33 และ 16.14 ตามลำดับ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องผลของการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย เป็นการวิจัยกึ่งทดลองโดยมีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) ศึกษาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มที่เรียนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย 2) เปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่เรียนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย และ 3) เปรียบเทียบมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนระหว่างกลุ่มที่เรียนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยกับกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ ประชากรที่ศึกษา คือ นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายในโรงเรียน สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากรุงเทพมหานคร กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2548 โรงเรียนเทพศิรินทร์ จำนวน 2 ห้องเรียน ห้องเรียนละ 49 คน โดยกำหนดให้เป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองเรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย และกลุ่มควบคุมเรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มทดลองทั้งก่อนและหลังการทดลอง และวัดมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มควบคุมทั้งก่อนและหลังการทดลอง จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ($\overline{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$) ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และสถิติทดสอบค่าที (t-test)

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลการวิจัยเพื่อศึกษาและเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ สูงกว่าร้อยละ 60 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1

2. นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละมโนทัศน์ชีววิทยาต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ ต่ำกว่าร้อยละ 70 ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

3. นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3

4. นักเรียนกลุ่มที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ชีววิทยาสูงกว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4

อภิปรายผล

การอภิปรายผลการวิจัย ได้อภิปรายตามสมมติฐานการวิจัยในประเด็น ต่อไปนี้

1. พิจารณาคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนในกลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย มีคะแนนเฉลี่ยสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าร้อยละ 60 และสูงกว่าก่อนเรียน ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 และ 3 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุผลดังต่อไปนี้

การตั้งคำถามเชิงหาสาเหตุ (causal question) และการตั้งสมมติฐานนิรนัย (deductive hypotheses) จากการศึกษาสถานการณ์ที่ครูกำหนดให้ ที่นักเรียนได้ปฏิบัติในขั้นการศึกษาสำรวจ (exploration) ของแต่ละบทเรียน ทำให้นักเรียนได้ฝึกคิดและให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบนิรนัย จากการปฏิบัติการทดลองเพื่อเก็บรวบรวม วิเคราะห์ และสรุปผลข้อมูล แล้วสร้างเป็นมโนทัศน์ชีววิทยานั้น ๆ ที่นักเรียนได้ปฏิบัติในขั้นการศึกษาสำรวจและการสร้างมโนทัศน์ (exploration and concept introduction) ทำให้นักเรียนได้ฝึกให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบอุปนัยของนักเรียน และจากการนำมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้ซึ่งถือเป็นหลักการทั่ว ๆ ไป ไปอธิบายสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้อง ซึ่งถือเป็นปรากฏการณ์เฉพาะหน่วย ที่นักเรียนได้ปฏิบัติในขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ (concept application) ทำให้นักเรียนได้ฝึกการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบนิรนัย ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ซอนเดอร์และเชพาร์ดสัน (Saunders and Shepardson, 1987) พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้มีความสามารถในการให้เหตุผลสูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบนามธรรมที่เน้นการบรรยายและอภิปราย และสอดคล้องกับผลการวิจัยของมาเร็คและเมทเว็น (Marek and Methven, 1991) ที่พบว่าคะแนนเฉลี่ยความ

สามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้สูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบบอกให้รู้ และสอดคล้องกับผลการวิจัยของจอห์นสันและลอว์สัน (Johnson and Lawson, 1998) ที่พบว่านักศึกษาที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังการเรียนสูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการบอกให้รู้ และสอดคล้องกับผลการวิจัยของจันทร์พร พรหมมาศ (2541) ที่พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้มีความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ

2. พิจารณาคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ชีววิทยา

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย มีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ ต่ำกว่าร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 แต่อย่างไรก็ตาม คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ของนักเรียนกลุ่มทดลองสูงกว่าคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มควบคุม การที่คะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มทดลองต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุผลดังต่อไปนี้

การวิจัยครั้งนี้มุ่งพัฒนามโนทัศน์ชีววิทยาเกี่ยวกับเอนไซม์และเซลล์ของสิ่งมีชีวิตซึ่งเป็นมโนทัศน์ใหม่สำหรับนักเรียน แต่ไม่ได้มีการปรับแก้มโนทัศน์เดิมที่เป็นพื้นฐานในการพัฒนามโนทัศน์ใหม่ ซึ่งมโนทัศน์เดิมของนักเรียนอาจมีความคลาดเคลื่อน จึงส่งผลต่อคะแนนที่ได้จากการทำแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา เนื่องจากแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยามีเนื้อหาครอบคลุมมโนทัศน์เดิมที่เป็นพื้นฐานของมโนทัศน์ใหม่ ประกอบกับแนวคิดของ ชิ สลอตตา และเดอลู ที่ว่า การสร้างและการปรับเปลี่ยนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เป็นกระบวนการที่ซับซ้อน เพราะการเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ใด ๆ ได้อย่างถูกต้องและสมบูรณ์จะต้องอาศัยความเข้าใจมโนทัศน์เดิมเป็นพื้นฐาน (Chi, 1992, Chi, Slotta, and DeLeeuw, 1994 cited in Chiu, Chou, and Liu, 2002: 689) และสอดคล้องกับผลการวิจัยของเมอเรย์ (Murrey: 19 อ้างถึงใน ฉันทนา เชาว์ปรีชา, 2533: 11) ที่พบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับเซลล์ อีกทั้งเวลาที่ใช้ในการวิจัยทดลองเพียง 10 สัปดาห์ อาจไม่เพียงพอต่อการเรียนการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้เพื่อปรับแก้และพัฒนามโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนไทย ซึ่งสอดคล้องกับข้อค้นพบของมาเร็ค, แฮค และ แมคเวอร์เทอร์ (Marek, Haack, and McWhirter, 1994 cited in Lavoie, 1999: 1128) ที่พบว่าปัญหาของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้เพื่อพัฒนามโนทัศน์ของนักเรียน คือ เวลาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนในกลุ่มทดลองที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย มีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่านักเรียนในกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยวิธีการสอนแบบปกติ ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 4 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากเหตุผลดังต่อไปนี้

การเปรียบเทียบ วิเคราะห์ และสรุปผลข้อมูล รวมทั้งการศึกษาคำศัพท์และความรู้ที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมจากสื่อการเรียนรู้ที่ครูจัดเตรียมไว้ แล้วสรุปสร้างเป็นมโนทัศน์ชีววิทยาในเรื่องนั้น ๆ โดยการบันทึกลงในสมุดกิจกรรมการตั้งสมมติฐานนิรนัย (เล่มเล็ก) ด้วยความเข้าใจและภาษาเขียนของตนเอง ที่นักเรียนได้ปฏิบัติในขั้นการสร้างมโนทัศน์ (concept introduction) ของการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย ทำให้นักเรียนได้เชื่อมโยงสิ่งที่ได้เรียนรู้เข้ากับประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ แล้วสรุปสร้างเป็นมโนทัศน์ชีววิทยาในเรื่องนั้น ๆ ด้วยตนเอง และจากการนำมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้ไปอธิบายสถานการณ์ใหม่ที่เกี่ยวข้อง ที่นักเรียนได้ปฏิบัติในขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ (concept application) ทำให้นักเรียนเกิดการปฏิบัติซ้ำหรือฝึกปฏิบัติเพิ่มเติม ส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยานั้น ๆ มากขึ้น (Lawson, 1998: 173-174, Karplus and et al., 1977: 163-164) สอดคล้องกับผลการวิจัยของ ซอนเดอร์และเชพาร์ดสัน (Saunders and Shepardson, 1987) ที่พบว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบนามธรรมที่เน้นการบรรยายและอภิปราย และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ ลาวี (Lavoie, 1999: 1127) ที่พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ที่เน้นการตั้งสมมติฐานได้คะแนนเฉลี่ยความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาสูงกว่านักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบปกติ และสอดคล้องกับผลการวิจัยของ จันทร์พร พรหมมาศ (2541: 129) ที่พบว่า นักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้มีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์เกี่ยวกับเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยวิธีสอนแบบปกติ

ข้อเสนอแนะ

จากผลการวิจัยพบว่า การใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนได้ดีกว่าการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยวิธีปกติ ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะ ดังนี้

1. ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

1.1 ข้อเสนอแนะสำหรับสถาบันที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิทยาศาสตร์

สถาบันที่เกี่ยวข้องกับการศึกษาวิทยาศาสตร์ควรบรรจุขั้นตอนและวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยไว้ในเอกสารประกอบหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นการเสนอทางเลือกในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แก่ครูวิทยาศาสตร์ เพื่อพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

1.2 ข้อเสนอแนะสำหรับครูวิทยาศาสตร์

ครูวิทยาศาสตร์ควรนำวงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยไปใช้ในการวางแผนและจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งวงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยเหมาะสำหรับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เป็นปฏิบัติการทดลอง และเพื่อให้การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนด้วยวิธีการดังกล่าวมีประสิทธิภาพ ครูควรศึกษา พัฒนาเทคนิคและทักษะในการชักนำให้นักเรียนตั้งสมมติฐานนิรนัย

2. ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

จากการดำเนินการวิจัยและผลการวิจัยที่พบในครั้งนี้ ผู้วิจัยได้สังเกตเห็นพฤติกรรมการเรียนวิชาชีววิทยาของผู้เรียน ปัญหา และข้อจำกัดที่เกิดขึ้น จึงมีข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไปดังนี้

2.1 จากการดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยได้สังเกตเห็นพฤติกรรมการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนขณะดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนหลายพฤติกรรม เช่น ความกล้าแสดงออกในด้านความคิดและการกระทำ ตลอดจนการยอมรับความคิดเห็นผู้อื่นในประเด็นอภิปรายต่าง ๆ ความสุขสนุก และความภาคภูมิใจในการปฏิบัติทดลองที่นักเรียนได้วางแผนและออกแบบด้วยตนเอง ดังนั้นจึงควรทำการศึกษาตัวแปรอื่น ๆ ที่นอกเหนือจากความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และมโนทัศน์ชีววิทยา ที่อาจเกิดจากการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้ วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย เช่น จิตวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์

ความคงทนในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นต้น เพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่หลากหลายและครอบคลุมตามแนวคิดของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย

2.2 จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยมโนทัศน์ชีววิทยาต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนด ซึ่งอาจเป็นผลมาจากมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์เดิมของนักเรียนที่เป็นพื้นฐานในการสร้างมโนทัศน์ชีววิทยาเกี่ยวกับเอนไซม์และเซลล์ของสิ่งมีชีวิต และระยะเวลาที่ใช้ในการศึกษาวิจัย ดังนั้น จึงควรทดสอบมโนทัศน์เดิมของนักเรียนที่เป็นพื้นฐานในการสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ต้องการใช้เป็นตัวแปรในการศึกษาวิจัย เพื่อตรวจสอบและปรับแก้ มโนทัศน์ที่คาดเคลื่อนของนักเรียนก่อนดำเนินการทดลอง และขยายช่วงเวลาที่ใช้ในการศึกษาวิจัย เพื่อให้ได้ผลการวิจัยที่ชัดเจนและมีคุณภาพยิ่งขึ้น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กีรติ บุญเจือ. 2547. **ตรรกวิทยาและตรรกวิทยาสัญลักษณ์เบื้องต้น**. กรุงเทพมหานคร. สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ, สำนักงาน. 2544. **การปฏิรูปวิทยาศาสตร์ศึกษาของประเทศญี่ปุ่น**. กรุงเทพมหานคร: หจก.ภาพพิมพ์.

คณะกรรมการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ, สำนักงาน. 2544. **แผนพัฒนาเศรษฐกิจและสังคมแห่งชาติ ฉบับที่เก้า พ.ศ. 2545-2549**. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

จันทร์พร พรหมมาศ. 2541. **ผลการใช้วิธีการวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อสัมฤทธิผลและพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น**. วิทยานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต. สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช. 2542 . แนวคิดทางวิทยาศาสตร์: กระบวนการพื้นฐานในการวิจัย. ใน จันทร์เพ็ญ เชื้อพานิช และ สร้อยสน สกลรักษ์, **ประมวลบทความการเรียนการสอนและการวิจัยระดับมัธยมศึกษา**, หน้า 69-83 กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย. น้า

จุฑารัตน์ ชนานุสาสน์. 2546. **ผลของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้กลวิธีเมตาคอกนิชันที่มีต่อการพัฒนาเมตาคอกนิชันในการอ่านและการแก้ปัญหา และต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นในโรงเรียนสังกัดกรมสามัญศึกษา เขตการศึกษา 11**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ฉัตรศิริ ปิยะพิมลสิทธิ์. 2004. **การใช้โปรแกรม TAP วิเคราะห์แบบทดสอบ** [Online]. Available from: http://www.watpon.com[2005, November 2]

ฉันทนา เชาว์ปรีชา. 2532. **มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาวิทยาศาสตร์กายภาพชีวภาพของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย กรุงเทพมหานคร**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชัชชัย คุ้มทวีพร. 2539. **ตรรกวิทยา**. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์วิจัยและผลิตตำรา มหาวิทยาลัยเกริก.

ชัยพร วิชชาวุธ. 2519. **จิตวิทยา ฉบับประสบการณ์**. กรุงเทพมหานคร: สารมวลชน.

ธีระชัย ปูรณโชติ. 2537. หน่วยที่ 1 ประวัติ ปรัชญา และวัฒนธรรมทางวิทยาศาสตร์. **ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะและวิทยวิธีทางวิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยที่** 1-4. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์. 2537. ความคิดรวบยอดกับการเรียนการสอน. **วารสารพัฒนาหลักสูตร**. 14(ตุลาคม-ธันวาคม): 55-60.

นิพนธ์ นิลคง. 2541. **ความสัมพันธ์ระหว่างความสามารถในการคิดหาเหตุผลเชิงตรรก ทักษะการคำนวณในการเรียนวิชาฟิสิกส์และความสามารถในการแก้โจทย์ปัญหาฟิสิกส์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย กรุงเทพมหานคร**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ประกาศิต จันทศ. 2537. **ผลการสอนวิชาเคมี เรื่อง "ตารางธาตุ" ด้วยโมเดลวงจรการเรียนรู้ประยุกต์ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและเจตคติต่อการสอนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่** 4. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ปรีชา ธรรมา. 2543. สังกัป. **สารานุกรมศึกษาศาสตร์** 19(เมษายน): 44-48.

ปรีชา วงศ์ชูศิริ. 2531. **อนุสรณ์งานศพ ปรีชา วงศ์ชูศิริ ณ เมรุวัดธาตุทอง 18 ธันวาคม 2531**. ม.ป.ท.: ม.ป.พ.

พัชรา ทวีวงศ์ ณ อยุธยา. 2537. หน่วยที่ 5 การพัฒนาการแสวงหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์. **ประมวลสาระชุดวิชาสารัตถะและวิทยวิธีทางวิชาวิทยาศาสตร์ หน่วยที่** 5-7. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

พัชรินทร์ เภาตะคุ. 2546. **การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนคณิตศาสตร์และความสามารถในการคิดแบบนิรนัยและแบบอุปนัยของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา ระหว่างกลุ่มที่เรียนโดยใช้และไม่ใช้เอกสารสรุปมโนทัศน์**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาการศึกษาคณิตศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พันธ์ ทองชุมนุม. 2547. **การสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์โอเดียนสโตร์.

พิศาล สร้อยธุหร่ำ. 2544. **การศึกษาวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย**(SCIENCE EDUCATION IN THAILAND). กรุงเทพมหานคร: บริษัท กุลการพิมพ์ จำกัด.

ราชบัณฑิตยสถาน. 2547. **ศัพท์บัญญัติ อังกฤษ-ไทย ● ไทย-อังกฤษ** [computer file]: ฉบับราชบัณฑิตยสถาน. กรุงเทพมหานคร: ธนาคารกรุงไทย.

วิชาญ เลิศลพ. 2543. **การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้โดยวิธีการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้รูปแบบ สสวท. และรูปแบบการผสมผสานระหว่างวัฏจักรการ**

เรียนรู้กับ สสวท.. ปริญญานิพนธ์ปริญญาดุษฎีบัณฑิต. สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ศึกษาธิการ, กระทรวง, กรมวิชาการ. 2525. **แนวการใช้หลักสูตรมัธยมศึกษาตอนต้น พุทธศักราช 2521 ฉบับปรับปรุงครั้งที่ 2**. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพมหานคร: บริษัทรุ่งศิลป์การพิมพ์ (1977) จำกัด.

ศึกษาธิการ, กระทรวง. 2545. **แผนพัฒนาการศึกษา ระยะที่ 9 (พ.ศ. 2545-2549)**. กรุงเทพมหานคร.

ศิริชัย กาญจนวาสี. 2547. **สถิติประยุกต์สำหรับการวิจัย**. พิมพ์ครั้งที่ 4. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, สถาบัน. **ความเป็นมาของการศึกษาพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนแบบ Inquiry Cycle (5Es)**[Online]. Available from: http://www.ipst.ac.th/biology/Bio-Articles/monthty-mag.html[2005, October 12]

สราวุฒิ บุญยืน. 2542. **การศึกษารูปแบบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ เรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุจินต์ วิศวธีรานนท์. 2538. **ระบบการเรียนการสอน**. นนทบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

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

สุนีย์ คล้ายนิล. 2521. เปีย์เจตกับครูวิทยาศาสตร์. **ครุปริทัศน์** 12(ธันวาคม): 64-73.

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. 2544. วัฏจักรการเรียนรู้. **สารานุกรมศึกษาศาสตร์** 22(มกราคม): 103-111.

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

สุวัฒก์ นิยมค้า. 2517. **การสอนวิทยาศาสตร์แบบพัฒนาความคิด**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์วัฒนาพานิช.

สุวัฒน์ ไกรมาก. 2544. **ผลของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมโดยวิธีการวิจัยปฏิบัติการที่มีต่อมโนทัศน์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์สิ่งแวดล้อมและความสามารถในการแก้ปัญหาสิ่งแวดล้อมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

อิศรา ชัยพันธ์วิริยาพร. 2542. **ผลการสอนโดยใช้เอกสารประกอบการเรียนที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ด้านมโนทัศน์และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3**. วิทยานิพนธ์ปริญญามหาบัณฑิต. สาขาการศึกษาวิทยาศาสตร์ บัณฑิตวิทยาลัย สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าเจ้าคุณทหารลาดกระบัง.

ภาษาอังกฤษ

Abraham, M. R., and Renner, J. W. 1986. The Sequence of Learning Cycle Activities in High School Chemistry. **Journal of Research in Science Teaching** 23: 39-58.

Abruscato, J. 1992. **Teaching Children Science**. 3rd ed. Boston: Allyn and Bacon.

Ausubel, D. P. 1968. **Educational Psychology: A Cognitive View**. New York: Holt, Rinehart and Winston.

Berndt, J. A. 1994. The Effects of the Learning Cycle Lessons in Teaching Natural Resource Sciences in the Elementary School Classroom. Ed.D., University of West Virginia. **Dissertation Abstracts International** 54: 4052 A.

Bitner, B. L. 1991. Formal Operational Reasoning Model: Predictors of Critical Thinking Abilities and Grades Assigned by Teachers in Science and Mathematics for Students in Grades nine through Twelve. **Journal of Research in Science Teaching** 28: 265-274.

Campbell, T. C. 1978. An Evaluation of a Learning Cycle Intervention Strategy for Enhancing the Use of Formal Operational Thought by Beginning College Physics Students. Ph.D., University of Nebraska Lincoln. **Dissertation Abstracts International** 38: 3903 A.

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

Cavallo, A. M. L. 1996. Meaningful Learning Reasoning Ability, and Students' Understanding and Problem Solving of Topics in Genetics. **Journal of Research in Science Teaching** 33: 625-656.

Chiappetta, E. L. 1997. Inquiry-Based Strategies and Technique for Encouraging Inquiry in the Classroom. **The Science Teachers** 64: 22-26.

Chiu, M. H., Chou, C. C., and Liu, C. J. 2002. Dynamic Processes of Conceptual Change: Analysis of Constructing Mental Models of Chemical Equilibrium. **Journal of Research in Science Teaching 39: 688-712.**

Cumo, J. M. 1992. Effects of Learning Cycle Instructional Method on Cognitive Development, Science Process, and Attitude toward science in Seventh Graders. Ph.D., University of Kent state. **Dissertation Abstracts International** 53: 387 A.

Davison, M. A. 1989. Use of the Learning Cycle to Promote Cognitive Development. Ph.D., University of Purdue. **Dissertation Abstracts International** 49: 3320 A.

DeCecco, J. P. 1968. **The Psychology of Learning and Instruction: Educational Psychology**. London: Prentice-Hall International.

DeCecco, J. P. and Crawford, W. R. 1974. **The Psychology of Learning and Instruction: Educational Psychology**. 2th ed. Englewood: Pentice-Hall.

Ebel, R. L. 1972. **Essential of Educational Measurement**. New Jersey: Print.

Feld, R. S. 1990. **Understanding Psychology**. 5th ed. New York: McGraw-Hill.

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

Faulkner, S. P. 1993. The Influence of Instructional Strategy on Cell Concept Learning and Science Attitude by Fifth and Sixth-Grade Children. Ph.D., University of Southern Mississippi. **Dissertation Abstracts International** 54: 879 A.

Gega, P. C., and Peters, J. M. 1998. **Science in Elementary Education**. 8th ed. New Jersey: Merrill.

Gibson, J. T. 1980. **Psychology for the Classroom**. New Jersey: Prentice-Hall.

Good, C. V. 1973. **Dictionary of Education**. New York: McGraw-Hill Company.

Hanley, C. D. 1997. The Effects of the Learning Cycle on the Ecological Knowledge of General Biology Students as Measured by two Assessment Techniques. Ed.D., University of Kentucky. **Dissertation Abstracts International** 58: 2052 A.

Hedgepeth, D. J. 1996. A Comparison Study of the Learning Cycle and Traditional Instructional Sequence in Teaching an Eighth-Grade Science Topic. Ph.D., University of Alabama. **Dissertation Abstracts International** 57: 169 A.

Jacobson, W. J., and Bergman, A. B. 1991. **Science for Children A book for Teachers**. 3rd ed. Englewood Cliffts, New Jersey: Prentice Hall.

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. E., and others. 1977. Science Teaching and the development of Reasoning. **Journal of Research in Science Teaching** 14: 169-175.

Keys, C. W. 1994. The Development of Scientific Reasoning Skills in Conjunction with Collaborative Writing Assignments: An Interpretive Study of Six Ninth-Grade Students. **Journal of Research in Science Teaching** 31: 1003-1022.

Kibler, R. J., Barker, L. L., and Miles, D. T. 1972. **Behavioral Objectives and Instruction**. Boston: Allyn and Bacon.

Klidienst, D. B. 1993. The Effect of the Learning Cycle Lesson dealing Electricity on the Cognitive Structure, Attitude toward Science and Achievement of Urban Middle School Students. Ph.D., University of Pennsylvania state. **Dissertation Abstracts International** 54: 1748 A.

Kurey, M. M. 1991. The Traditional and Learning Cycle Approaches to Performance in High School Chemistry Topics by Students Tested for Piagetian Cognitive Development. Ed.D., University of Temple. **Dissertation Abstracts International** 52: 411 A.

Lauer, T. E. 2003. Conceptualizing Ecology: A Learning Cycle Approach. **The American Biology Teacher** 65: 518-522.

Lavoie, D. R. 1999. Effects of Emphasizing Hypothetico-Predictive Reasoning within the Science Learning Cycle on High School Student's Process Skills and Conceptual Understandings in Biology. **Journal of Research in Science Teaching** 36: 1127-1147.

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., and Worsnop, William A.. 1992. Learning about Evolution and Rejecting a Belief in Special Creation: Effects of Reflective Reasoning Skill, Prior Knowledge, Prior Belief and Religious Commitment. **Journal of Research in Science Teaching** 29: 143-166.

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

Lawson, A. E. 2000. What kinds of scientific concepts exist? Concept construction and intellectual development in college biology. **Journal of research in science teaching** 9: 996-1018.

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

Lovell, K. 1966. **Educational Psychology and Children**. University of London Press LTD. Warwick Square, London. E.C.

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

Martin, R. E., and others. 1994. **Teaching Science for All Children**. Boston: Allyn and Bacon.

McDonald, F. J. 1960. **Educational Psychology**. 2th ed. San Francisco: Wadsworth Publishing.

Morse, W. C. and Wingo, G. M. 1955. **Psychology and Teaching**. Chicago: Scott, Foresman.

Nitko, A. J. 2004. **Educational Assessment of Students**. 4th ed. New Jersey: Pearson Education.

North Alabama University. 2002. **CAAP Science Reasoning Test – Spring 2002** [Online]. Available from: http://www2.una. edu/research/spring.html[2005, February 21]

Odum, A. L., and Kelly, P. V. 2001. Integrating Concept Mapping and The Learning Cycle to Teach Diffusion and Osmosis Concept to High School Biology Students. **Science Education** 85: 615-635.

Purser, R. K., and Renner, J. W. 1983. Results of Two Tenth-Grade Biology Teaching Procedures. **Science Education** 67: 85-98.

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

Romey, W. D. 1968. **Inquiry Techniques for Teaching Science**. New Jersey: Prentice-Hall.

Rubin, R. L., and Norman, J. T. 1992. Systematic Modeling Versus the Learning Cycle: Comparative Effects on Integrated Science Process Skill Achievement. **Journal of Research in Science Teaching** 29: 715-727.

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

Sund, R. B. and Trowbridge, L. W. 1973. **Teaching Science by Inquiry in the Secondary School**. 2nd ed. Ohio: A Bell & Howell Company.

Wenham, M. 1995. **Understanding Primary Science: Ideas, Concepts and Explanations**. Paul Chapman Publishing.

Westbrook, S. L., and Rogers L. N. 1994. Examining the Development of Scientific Reasoning in Ninth-Grade Physical Science Students. **Journal of Research in Science Teaching** 31: 65-73.

Woolfolk, A. E. 1995. **Educational Psychology**. 6th ed. Ohio: A Simon & Schuster Company.

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ก

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา

1. อาจารย์ ดร.กนกวรรณ เสรีภาพ — อาจารย์ประจำภาควิชาพฤกษศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
2. อาจารย์ดวงกมล เหมะรัต — อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเทพศิรินทร์
3. อาจารย์นิพนธ์ ศรีนฤมล — อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนเตรียมอุดมศึกษา พญาไท

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นวลจิตต์ เชาวกีรติพงศ์ — อาจารย์ประจำสาขาวิชาศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช
2. อาจารย์ ดร.ชนะวัฒน์ บุนนาค — อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนจิตรลดา
3. อาจารย์ พ.ต.ราเชน มีศรี — อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตร การสอนและเทคโนโลยีการศึกษา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจแผนการจัดการเรียนรู้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์พเยาว์ ยินดีสุข — อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝ่ายมัธยม)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. อาจารย์ ดร.จันทร์พร พรหมมาศ	อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
3. อาจารย์กุณฑรี เพ็ชรทวีพรเดช	อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนบดินทร์เดชา (สิงห์ สิงหเสนี)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. **แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์**
2. **แบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา**

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(ตัวอย่าง)
แบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

<u>คำชี้แจงในการทำแบบวัด</u>

1. แบบวัดนี้มีทั้งหมด 27 หน้า จำนวน 50 ข้อ
   คะแนนเต็ม 50 คะแนน เวลาที่ใช้ในการสอบ 60 นาที

   แบบทดสอบแบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

   ตอนที่ 1 การให้เหตุผลแบบนิรนัยจำนวน 25 ข้อ (ข้อ.1-25) หน้า 1-14

   ตอนที่ 2 การให้เหตุผลแบบอุปนัยจำนวน 25 ข้อ (ข้อ.26-50) หน้า 15-27

2. ข้อสอบทุกข้อเป็นแบบเลือกตอบ 5 ตัวเลือก ให้นักเรียนอ่านคำถามให้เข้าใจแล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย X ให้ตรงกับตัวอักษรที่เลือกลงในกระดาษคำตอบ ตัวอย่างเช่น

ข้อ	ก	ข	ค	ง	จ
1	X				
2					
3					

3. ถ้านักเรียนต้องการเปลี่ยนแปลงคำตอบให้ขีดฆ่าคำตอบเดิม แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในช่องคำตอบใหม่ ตัวอย่างเช่น

ข้อ	ก	ข	ค	ง	จ
1	X				X
2					
3					

4. ห้ามขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใด ๆ ลงในแบบวัดฉบับนี้ ให้ขีดเขียนในกระดาษทดที่แจกให้เท่านั้น

5. ให้นักเรียนส่งแบบวัดและกระดาษคำตอบคืนผู้คุมสอบ เมื่อครบเวลาที่กำหนด

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตอนที่ 1 **การให้เหตุผลแบบนิรนัย**

<u>คำสั่ง</u> ให้นักเรียนเลือกข้อที่ถูกต้องและสมเหตุสมผลที่สุดเพียงข้อเดียว

จงอ่านบทความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ 1-4

วิตามินซีเพื่อสุขภาพที่ดี
(Healthy with vitamin C)

วิตามินซีหรือกรดแอสคอร์บิกเป็นวิตามินที่ละลายน้ำได้ ซึ่งมีความจำเป็นต่อการทำงานของร่างกาย มนุษย์ไม่สามารถสังเคราะห์วิตามินซีเองได้ ดังนั้นจึงต้องได้รับวิตามินซีจากอาหาร วิตามินซีมีความจำเป็นต่อการสร้างคอลลาเจน ซึ่งมีความสำคัญต่อโครงสร้างของเส้นเลือด เอ็น เนื้อเยื่อที่ยึดเหนี่ยวข้อกระดูกและกระดูก

วิตามินซีมีบทบาทสำคัญในการสร้างสารสื่อประสาท (neurotransmitter) สารสื่อประสาทมีความสำคัญต่อการทำงานของสมองและมีผลต่ออารมณ์ของคนเรา นอกจากนี้วิตามินซียังมีความจำเป็นต่อการสร้างคาร์นิทีน (carnitine) ซึ่งมีความสำคัญต่อการขนส่งไขมันไปยังเซลล์ที่ทำหน้าที่เปลี่ยนไขมันเป็นพลังงาน วิตามินซีมีคุณสมบัติเป็นสารต่อต้านการออกซิเดชั่นที่มีประสิทธิภาพสูง

วิตามินซีแม้มีปริมาณน้อยก็สามารถป้องกันโมเลกุลต่าง ๆ ในร่างกาย เช่น โปรตีน ไขมัน คาร์โบไฮเดรต และกรดนิวคลิอิกหรือสารพันธุกรรม จากการทำลายของอนุมูลอิสระ (free radical) ซึ่งเกิดขึ้นจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของร่างกาย หรือจากมลพิษต่าง ๆ เช่น ควันพิษหรือจากการสูบบุหรี่

แหล่งของวิตามินซี คือ ผลไม้ตระกูลส้ม เช่น ส้ม สตรอเบอร์รี่ ฝรั่ง และพืชผักหลายชนิด เช่น มันฝรั่ง บร็อกโคลี ถ้าร่างกายขาดวิตามินซีจะทำให้เลือดออกตามไรฟัน แผลหายยาก เลือดออกหรือฟกช้ำได้ง่าย ผมร่วงหรือฟันหักง่าย เจ็บตามข้อต่อและบวม เนื่องจากอาการดังกล่าวมีความสัมพันธ์กับเส้นเลือดเปราะบาง ข้อต่อต่าง ๆและกระดูกที่ประกอบด้วยคอลลาเจน หรือมีอาการเหนื่อยได้ง่าย

ที่มา: หนังสือพิมพ์เดลินิวส์ ฉบับวันจันทร์ที่ 2 กรกฎาคม 2548 หน้า 38

1. **ถ้าวิตามินซีมีความสำคัญต่อการสร้างสารสื่อประสาท และสารสื่อประสาทมีความสำคัญต่อการทำงานของสมองของคนเรา** ดังนั้น
   ก. วิตามินซีทำหน้าที่เป็นสารสื่อประสาท
   ข. การทำงานของสมองต้องอาศัยสารสื่อประสาท
   ค. วิตามินซีเป็นสารตั้งต้นในการสร้างสารสื่อประสาท
   ง. วิตามินซีมีความสำคัญต่อการสร้างสารสื่อประสาท
   จ. วิตามินซีมีความสำคัญต่อการทำงานของสมองของคน

2. **ถ้าฉันรับประทานพืชผักที่มีวิตามินซีร่างกายของฉันจะสังเคราะห์คาร์นิทีนได้ และถ้าร่างกายของฉันสังเคราะห์คาร์นิทีนได้ร่างกายของฉันจะขนส่งไขมันไปยังเซลล์เป้าหมายได้** ดังนั้น
   ก. ร่างกายฉันจะได้รับคาร์นิทีน เมื่อฉันรับประทานพืชผักที่มีวิตามินซีแล้ว
   ข. ร่างกายฉันจะสังเคราะห์คาร์นิทีนได้ เมื่อฉันรับประทานพืชผักที่มีวิตามินซี
   ค. ร่างกายจะสังเคราะห์คาร์นิทีนได้มากเมื่อรับประทานอาหารพืชผักที่มีวิตามินซีสูง
   ง. ถ้าฉันรับประทานพืชผักที่มีวิตามินซีแล้วร่างกายจะขนส่งไขมันไปยังเซลล์เป้าหมายได้
   จ. ถ้าร่างกายฉันขนส่งไขมันไปยังเซลล์เป้าหมายได้ร่างกายจะเปลี่ยนไขมันเป็นพลังงานได้

3. **ร่างกายของเราจะสร้างคอลลาเจน ก็ต่อเมื่อรับประทานพืชผักและพืชผักมีวิตามินซี** พัชราภารับประทานพืชผักแต่ร่างกาย<u>ไม่</u>สร้างคอลลาเจน แสดงว่า
   ก. พืชผักไม่มีวิตามินซี
   ข. พืชผักมีวิตามินซีน้อย
   ค. พัชราภารับประทานพืชผักต้มสุก
   ง. ระบบย่อยอาหารของพัชราภาไม่ดี
   จ. พัชราภารับประทานผักในปริมาณน้อย

4. **ถ้าร่างกาย<u>ไม่</u>ได้รับวิตามินซีแล้วเลือดจะออกตามไรฟัน** นายสุขใจพบว่าตนมีเลือดออกตามไรฟัน แสดงว่า
   ก. เหงือกของนายสุขใจมีความผิดปกติ
   ข. ร่างกายของนายสุขใจไม่ได้รับวิตามินซี
   ค. นายสุขใจไม่ได้รับประทานผลไม้ตระกูลส้ม
   ง. แปรงสีฟันไปกระทบกับเหงือกขณะที่นายสุขใจแปรงฟัน
   จ. ร่างกายชองนายสุขใจอาจจะได้หรือไม่ได้รับวิตามินซีก็ได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จงอ่านบทความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ.5-8

โฟเลต สำคัญไฉน
(The importance of folate)

โฟเลต อาจถูกเรียกขานว่า กรดโฟลิกหรือโฟลาซินก็ได้ ซึ่งเป็นสารอาหารจำพวกวิตามินบี มีบทบาทสำคัญในการช่วยให้เซลล์ในร่างกายเจริญอย่างที่ควรเป็น และช่วยให้ระบบเลือดสมบูรณ์แข็งแรง หากสตรีที่กำลังตั้งครรภ์ขาดวิตามินตัวนี้ อาจทำให้ทารกถึงขั้นพิการทางสมอง

อย่างไรก็ตาม ทั้ง ๆ ที่โฟเลตมีความสำคัญต่อสุขภาพมาก แต่คนส่วนใหญ่กลับรู้จักกันแต่วิตามินอี วิตามินซี เห็ดหลินจือ หรือกระเทียมแคปซูล ด้วยเหตุนี้เองประชากรเกือบครึ่งของประเทศอาจเสี่ยงต่อการขาดโฟเลตได้ง่าย โดยเฉพาะอย่างยิ่งในสตรีมีครรภ์และคนที่รับประทานอาหารฟาสต์ฟู้ดแบบชาวตะวันตก

ในปี ค.ศ.1931 ดร.แมรี่ วิลส์ ได้พบภาวะโลหิตจางในสตรีมีครรภ์ชาวอินเดีย เธอไม่รู้ว่าทำไมคนเหล่านี้จึงมีอาหารป่วย แม้ให้ธาตุเหล็กบำรุงโลหิตก็ไม่ทำให้อาการดีขึ้น แต่ข้อสังเกตคือ สตรีมีครรภ์เหล่านั้นบริโภคข้าวขัดขาวและขนมปังขาว

10 ปีต่อมา จึงมีการค้นพบกรดโฟลิก โดยนักวิทยาศาสตร์กลุ่มหนึ่งสามารถสกัดวิตามินชนิดนี้ได้จากผักปวยเล้งปริมาณกว่าสามต้น ด้วยเหตุที่ได้จากใบไม้สีเขียวเข้มนี้เอง นักวิทยาศาสตร์จึงเรียกมันว่า กรดโฟลิก ซึ่งมาจากรากศัพท์ folium ที่แปลว่า ใบไม้

ถึงวันนี้ เรารู้ว่าแม้ร่างกายไม่จำเป็นต้องรับวิตามินชนิดนี้มากในวันหนึ่ง ๆ แต่การขาดโฟเลตจะ มีผลกระทบต่อการสร้างเม็ดเลือดแดง และการสร้างสารพันธุกรรมในร่างกาย โดยโฟเลตจะพบมากในผักใบเขียวจัดทุกชนิด แครอท ตับ ไข่แดง ฟักทอง แคนตาลูป ถั่วแดง ถั่วดำ ถั่วเหลือง ข้าวซ้อมมือ และข้าวสาลีไม่ขัดขาว เป็นต้น

งานวิจัยที่เห็นผลชัดเจนคือ การค้นพบผลของโฟเลตที่มีต่อความพิการของทารกแรกคลอดอันเกิดจากพัฒนาการที่ผิดปกติในระหว่างการสร้างสมองและประสาทสันหลัง ซึ่งเป็นความพิการอันดับต้น ๆ ที่มักพบในทารกทั่วโลก ดังนั้นทารกที่เกิดจากมารดาที่ขาดโฟเลตมีความเสี่ยงอย่างมากที่จะกลายเป็นคนพิการทางสมองและประสาท เรียกว่า Neural tube defects

นอกจากนี้ยังมีการศึกษาในทวีปยุโรป 5 ประเทศ รวมทั้งอิสราเอล แคนาดา พบว่า อาการพิการดังกล่าวจะลดลงได้ถึงร้อยละ 70 หากมารดาได้รับโฟเลตอย่างน้อย 0.4 มิลลิกรัมต่อวัน

ที่มา: www.elib-online.com/doctors46/food_folic001.html

5. **ผักใบเขียวทุกชนิดจะมีวิตามินเค ผักใบเขียวบางชนิดมีโฟเลต** ดังนั้น
   ก. โฟเลตพบในผักทุกชนิด
   ข. ผักใบเขียวทุกชนิดมีโฟเลต
   ค. ผักใบเขียวทุกชนิดจะมีวิตามินเค
   ง. ผักใบเขียวบางชนิดมีทั้งวิตามินเคและโฟเลต
   จ. ผักใบเขียวบางชนิดมีวิตามินเค และบางชนิดมีโฟเลต

6. **ความพิการทางสมองของทารกในครรภ์จะลดลงได้ถึงร้อยละ 70 ก็ต่อเมื่อมารดาได้รับโฟเลตอย่างน้อย 0.4 มิลลิกรัมต่อวัน** ถ้าแคทลียาตั้งครรภ์แต่ได้รับโฟเลต 0.3 มิลลิกรัมต่อวัน ดังนั้น
   ก. ทารกในครรภ์ไม่เกิดความพิการทางสมอง
   ข. ทารกในครรภ์อาจจะพิการหรือไม่พิการทางสมองก็ได้
   ค. ความพิการทางสมองของทารกในครรภ์จะเพิ่มขึ้นถึงร้อยละ 70
   ง. ความพิการทางสมองของทารกในครรภ์จะลดลงได้ไม่ถึงร้อยละ 30
   จ. ความพิการทางสมองของทารกในครรภ์จะลดลงได้ไม่ถึงร้อยละ 70

7. **ถ้าร่างกายขาดโฟเลตแล้วระบบเลือดจะผิดปกติ** นายสมพลมีระบบเลือดผิดปกติ แสดงว่า
   ก. นายสมพลเป็นโรคโลหิตจาง
   ข. หลอดเลือดของนายสมพลผิดปกติ
   ค. ร่างกายของนายสมพลไม่ได้รับโฟเลต
   ง. นายสมพลขาดธาตุเหล็กและวิตามินเค
   จ. ร่างกายของนายสมพลอาจจะได้รับหรือไม่ได้รับโฟเลตก็ได้

8. **ถ้าร่างกายขาดโฟเลตจะมีผลกระทบต่อการสร้างเม็ดเลือดแดง และถ้าร่างกายขาดโฟเลตจะมีผลกระทบต่อการสร้างสารพันธุกรรมภายในร่างกาย** ดังนั้น
   ก. ถ้าขาดโฟเลตร่างกายจะสร้างเม็ดเลือดแดงไม่สมบูรณ์
   ข. ถ้าขาดโฟเลตร่างกายจะสร้างสารพันธุกรรมไม่สมบูรณ์
   ค. ถ้าร่างกายขาดโฟเลตจะมีผลกระทบต่อการสร้างเม็ดเลือดแดงหรือมีผลต่อการสร้างสารพันธุกรรมภายในร่างกาย
   ง. ถ้าร่างกายขาดโฟเลตจะมีผลกระทบต่อการสร้างเม็ดเลือดแดงและมีผลต่อการสร้างสารพันธุกรรมภายในร่างกาย
   จ. ถ้าร่างกายขาดโฟเลตจะมีผลกระทบต่อการสร้างเม็ดเลือดแดง แต่ไม่มีผลต่อการสร้างสารพันธุกรรมภายในร่างกาย

จงอ่านบทความต่อไปนี้แล้วตอบคำถามข้อ.9-12

น้ำสิ่งสำคัญของชีวิต

สุขภาพร่างกายของมนุษย์เรารวมทั้งสัตว์ต่าง ๆ จะเกี่ยวข้องกับน้ำมากที่สุด แต่ส่วนใหญ่เรามักไม่ค่อยเห็นความสำคัญของน้ำมากนัก ดูเหมือนเป็นของที่ไม่ค่อยจะมีคุณค่าเท่าไหร่ แต่ความเป็นจริงแล้วน้ำมีความสำคัญยิ่งกว่าอาหารและปัจจัยอื่น ๆ เสียอีก เราอาจอดอาหารได้หลายสิบวันกว่าจะเสียชีวิต แต่ถ้าเราอดน้ำก็จะเสียชีวิตภายในเวลาไม่กี่วันเท่านั้นเอง ดังนั้นจึงไม่มีใครกล้าประกาศที่จะอดน้ำประท้วงให้เราได้เห็นกัน

ร่างกายของเรามีน้ำเป็นองค์ประกอบหลักอยู่มากกว่าองค์ประกอบอื่น ๆ รวมกันเสียอีก น้ำจะเป็นพาหะที่ทำให้อวัยวะต่าง ๆ ของร่างกายทำงานได้เป็นปกติ นับตั้งแต่การย่อยอาหารที่บริโภคเข้าไปให้เป็นโมเลกุลเล็กลง ช่วยในการดูดซึมสารอาหารของลำไส้เล็ก เป็นพาหนะขนส่งอาหารผ่านไปทางเลือดและน้ำเหลืองเพื่อไปเลี้ยงเซลล์ของร่างกาย ส่งเสริมการเผาผลาญอาหารเพื่อให้เกิดพลังงานในการดำรงชีวิต ซ่อมสร้างส่วนต่าง ๆ ของร่างกายและการขับถ่ายของเสีย รวมทั้งการรักษาอุณหภูมิของร่างกายให้คงที่ เหล่านี้ล้วนแล้วแต่ต้องอาศัยน้ำทั้งสิ้น และถ้าร่างกายได้รับน้ำไม่เพียงพอ ก็จะมีผลต่อการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ อย่างไม่ต้องสงสัย ซึ่งจะส่งผลกระทบต่อเนื่องมายังสุขภาพร่างกายของบุคคลนั้น

ปกติร่างกายของมนุษย์จะมีการควบคุมปริมาณน้ำให้อยู่ในสภาวะสมดุลตลอดเวลา กล่าวคือปริมาณน้ำที่ร่างกายได้รับจะเท่ากับปริมาณน้ำที่ร่างกายขับออกมา ร่างกายจะได้รับน้ำจากการดื่ม การบริโภคอาหาร และจะสูญเสียน้ำออกจากร่างกายทางระบบขับถ่ายต่าง ๆ ในรูปของปัสสาวะ อุจจาระ เหงื่อไคล ดังนั้นเราจึงรู้สึกกระหายน้ำเป็นระยะ ๆ แต่ถ้าร่างกายเกิดการขาดน้ำจากการสูญเสียเหงื่อมาก ๆ หรือเกิดท้องร่วงอย่างรุนแรง ร่างกายก็จะแสดงอาการตอบสนองด้วยการรู้สึกกระหายน้ำมากและไตก็จะขับปัสสาวะออกมาเข้มข้นกว่าเดิม เพื่อให้ร่างกายเสียน้ำน้อยลง

ดังนั้นในแต่ละวันเราควรดื่มน้ำให้เพียงพอกับความต้องการของร่างกาย และต้องเป็นน้ำที่สะอาดปราศจากเชื้อโรคและสารพิษด้วย จึงจะเป็นผลดีต่อสุขภาพ

ที่มา: นสพ.เดลินิวส์ ฉบับวันศุกร์ที่ 29 ก.ค. 2548 หน้า 27

9. **ถ้ามนุษย์ไม่ได้ดื่มน้ำเป็นเวลา 3 วันจะเสียชีวิต** ชินสุเวทไม่ได้ดื่มน้ำเป็นเวลา 30 ชั่วโมง ดังนั้น
   ก. ชินสุเวทไม่เสียชีวิต
   ข. ชินสุเวทต้องเสียชีวิต
   ค. ชินสุเวทอาจจะเสียชีวิต
   ง. ชินสุเวทอดน้ำไม่ถึง 3 วัน
   จ. ชินสุเวทอดน้ำเป็นเวลา 2 วัน 6 ชั่วโมง

10. **อุณหภูมิร่างกายของเราจะคงที่ ก็ต่อเมื่อเราดื่มน้ำเพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย** อุณหภูมิร่างกายของภัทรพลไม่คงที่ แสดงว่า
   ก. ภัทรพลไม่ดื่มน้ำ
   ข. ภัทรพลอาจจะดื่มน้ำหรือไม่ดื่มน้ำก็ได้
   ค. ภัทรพลไม่สบายทำให้อุณหภูมิไม่คงที่
   ง. ภัทรพลดื่มน้ำเกินความต้องการของร่างกาย
   จ. ภัทรพลดื่มน้ำไม่เพียงพอต่อความต้องการของร่างกาย

11. **ถ้าปริมาณน้ำที่ร่างกายขับออกมาเท่ากับปริมาณน้ำที่ร่างกายได้รับ** ร่างกายของรัฐภูมิขับน้ำออกมา 1.5 ลิตรต่อวัน แสดงว่า
   ก. รัฐภูมิดื่มน้ำปริมาณ 1.5 ลิตรต่อวัน
   ข. ร่างกายของรัฐภูมิได้รับน้ำปริมาณ 1.5 ลิตรต่อวัน
   ค. ร่างกายของรัฐภูมิอาจจะได้รับน้ำมากกว่า 1.5 ลิตรต่อวัน
   ง. ร่างกายของรัฐภูมิอาจจะได้รับน้ำน้อยกว่า 1.5 ลิตรต่อวัน
   จ. ร่างกายของรัฐภูมิปัสสาวะออกมาปริมาณ 1.5 ลิตรต่อวัน

12. **ถ้าร่างกายเกิดการขาดน้ำจากอาการท้องร่วงอย่างรุนแรง ร่างกายจะรู้สึกกระหายน้ำมาก และถ้าร่างกายเกิดการขาดน้ำจากอาการท้องร่วงอย่างรุนแรง ไตจะขับปัสสาวะออกมาเข้มข้นกว่าเดิม** ดังนั้น
   ก. ถ้าร่างกายเกิดการขาดน้ำจากอาการท้องร่วงอย่างรุนแรง ร่างกายจะรู้สึกกระหายน้ำมากขึ้น
   ข. ถ้าร่างกายเกิดการขาดน้ำจากอาการท้องร่วงอย่างรุนแรง ร่างกายจะรู้สึกกระหายน้ำมากขึ้น แต่ไตอาจจะขับปัสสาวะออกมาเข้มข้นกว่าเดิม
   ค. ถ้าร่างกายเกิดการขาดน้ำจากอาการท้องร่วงอย่างรุนแรง ร่างกายจะรู้สึกกระหายน้ำมากขึ้นและไตจะขับปัสสาวะออกมาเข้มข้นกว่าเดิมด้วย
   ง. ถ้าร่างกายเกิดการขาดน้ำจากอาการท้องร่วงอย่างรุนแรง ร่างกายจะรู้สึกกระหายน้ำมากขึ้น หรือไม่ไตก็จะขับปัสสาวะออกมาเข้มข้นกว่าเดิม
   จ. ร่างกายจะไม่รู้สึกกระหายน้ำมากขึ้น ในขณะที่ไตก็จะไม่ขับปัสสาวะออกมาเข้มข้นกว่าเดิม เนื่องจากร่างกายไม่เกิดการขาดน้ำจากอาการท้องร่วง

ตอนที่ 2 **การให้เหตุผลแบบอุปนัย**

การสรุปรวบยอดและหลักการคิดให้เหตุผลแบบอุปนัยของมิลล์

<u>คำสั่ง</u> ให้นักเรียนพิจารณาข้อความที่กำหนดให้ในแต่ละข้อว่า จะสรุปผลว่าอย่างไร

จงใช้ข้อความที่กำหนดให้ตอบคำถามข้อ.26

> พอลล่ารับประทานช็อกโกแลตยี่ห้อ A แล้วทำให้จิตใจรู้สึกปลอดโปร่ง เทย่ารับประทานช็อกโกแลตยี่ห้อ A แล้วทำให้จิตใจรู้สึกปลอดโปร่ง คัทลียารับประทานช็อกโกแลตยี่ห้อ A แล้วทำให้จิตใจรู้สึกปลอดโปร่ง

26. นักเรียนจะสรุปผลว่า
    ก. คนชอบรับประทานแต่ช็อกโกแลตยี่ห้อ A
    ข. ช็อกโกแลตยี่ห้อ A ต้องขาดตลาดแน่นอน
    ค. ผู้หญิงส่วนมากชอบรับประทานช็อกโกแลตยี่ห้อ A
    ง. ช็อกโกแลตยี่ห้อ A อาจทำให้บางคนอ้วนและเป็นสิวได้
    จ. ใคร ๆ ที่รับประทานช็อกโกแลตยี่ห้อ A แล้วจะทำให้จิตใจรู้สึกปลอดโปร่ง

จงใช้ข้อความที่กำหนดให้ตอบคำถามข้อ.27

> ในระหว่างทางที่เดินกลับบ้าน วิชัยเดินสวนกับคนหลายคน วิชัยถามคนที่ 1, 2, 3, 4 และ 5 ได้คำตอบเดียวกันว่ากำลังจะไปเที่ยวงานลอยกระทง ส่วนคนอื่น ๆ ที่เดินสวนทางนั้นวิชัยไม่ได้ถาม

27. ถ้านักเรียนเป็นวิชัย นักเรียนคิดว่าคนอื่น ๆ ที่เดินสวนทางนั้น จะไปไหนกัน
    ก. ไม่ได้ไปเที่ยวงานลอยกระทง
    ข. กลับบ้านแต่บ้านอยู่คนละทางกับวิชัย
    ค. น่าจะไปเที่ยวงานลอยกระทงมากกว่าไปที่อื่น
    ง. คนที่วิชัยถามเท่านั้นที่ไปเที่ยวงานลอยกระทง
    จ. ไปเที่ยวงานลอยกระทงบ้าง ไม่ได้ไปเที่ยวงานลอยกระทงบ้าง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จงใช้ข้อความที่กำหนดให้ตอบคำถามข้อ.28

> แอน นัท และ แนน ไปร่วมกิจกรรมรับน้องใหม่ ณ มหาวิทยาลัยแห่งหนึ่ง เมื่อเสร็จสิ้นกิจกรรมรับน้องปรากฏว่าทั้งสามคนมีผื่นแดงขึ้นตามแขนทั้ง 2 ข้าง เมื่อไปพบแพทย์เพื่อวินิจฉัยอาการพบว่า ขณะที่ร่วมกิจกรรมรับน้องนั้น แอนใช้มือล้วงลงไปในไหใบที่ 1 ใบที่ 2 ใบที่ 3 และใบที่ 4 นัทใช้มือล้วงลงไปในไหใบที่ 2 ใบที่ 4 ใบที่ 5 และใบที่ 6 ส่วนแนนใช้มือล้วงลงไปในไหใบที่ 2 ใบที่ 3 ใบที่ 6 และใบที่ 7

28. นักเรียนจะสรุปว่าอาการผื่นแดงที่ขึ้นตามแขนเกิดจากการล้วงไหใบที่เท่าใด
    ก. ใบที่ 1
    ข. ใบที่ 2
    ค. ใบที่ 3
    ง. ใบที่ 4
    จ. ใบที่ 6

จงใช้ข้อความที่กำหนดให้ตอบคำถามข้อ.29

> ในคืนวันศุกร์นิดหน่อยกับน้อยหน่าไปร่วมงานวันเกิดเพื่อน นิดหน่อยรับประทานข้าวผัด แกงไก่ ยำหอยแครง ลอดช่อง และแตงโม ส่วนน้อยหน้ารับประทานข้าวผัด แกงไก่ ยำหอยแครง และแตงโม รุ่งเช้าน้อยหน่าไปหานิดหน่อยที่บ้านพบว่า นิดหน่อยมีอาหารท้องเสีย

29. นักเรียนจะสรุปว่าอาการท้องเสียน่าจะเกิดจากการรับประทานอาหารชนิดใด
    ก. แกงไก่
    ข. แตงโม
    ค. ข้าวผัด
    ง. ลอดช่อง
    จ. ยำหอยแครง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จงใช้ข้อความที่กำหนดให้ตอบคำถามข้อ.30

> กนกเป็นนักเรียนที่มีมารยาทดี พูดจาสุภาพ เรียนเก่ง และร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ของโรงเรียนจึงทำให้เขาได้รับประกาศนียบัตรของโรงเรียน สรยุทธเป็นนักเรียนที่พ่อแม่ตามใจ มารยาทดี พูดจาสุภาพ เรียนไม่เก่ง และร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ของโรงเรียน แต่เขาได้รับประกาศนียบัตรของโรงเรียน ส่วนพิษณุเป็นนักเรียนที่ได้รับทุนการศึกษาจากรัฐบาล มารยาทดี พูดจาไม่สุภาพ เรียนเก่ง แต่ไม่เข้าร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ของโรเรียน และเขาไม่ได้รับประกาศนียบัตรของโรงเรียน

30. นักเรียนจะสรุปว่าสาเหตุของการได้รับประกาศนียบัตรของโรงเรียนของพิษณุน่าจะเกิดจากเหตุใด
    ก. เรียนเก่ง
    ข. มารยาทดี
    ค. พูดจาสุภาพ
    ง. ได้รับทุนการศึกษาจากรัฐบาล
    จ. ร่วมกิจกรรมต่าง ๆ ของโรงเรียน

จงใช้ข้อความที่กำหนดให้ตอบคำถามข้อ.31

> สุพัตรา สุทธิดา สุชาดา และสุนิสา เป็นพี่น้องกัน ไปตรวจสุขภาพประจำปีพบว่าสุทธิดาเป็นโรคกระดูกพรุนและเปราะบาง ส่วนอีก 3 คนที่เหลือสุขภาพปกติ ซึ่งจากการสอบถามลักษณะนิสัยในการรับประทานอาหารพบว่า สุพัตราชอบทานผักใบเขียว ตับวัว น้ำนมวัว ไข่แดง และมะละกอสุก สุทธิดาชอบทานตับวัว น้ำนมวัว และผักใบเขียว ส่วนสุชาดาชอบทานน้ำนมวัว น้ำมันดอกคำฝอย ไข่แดง และตับวัว และสุนิสาชอบทานไข่แดง มะละกอสุก ตับวัว น้ำนมวัว และน้ำมันดอกทานตะวัน

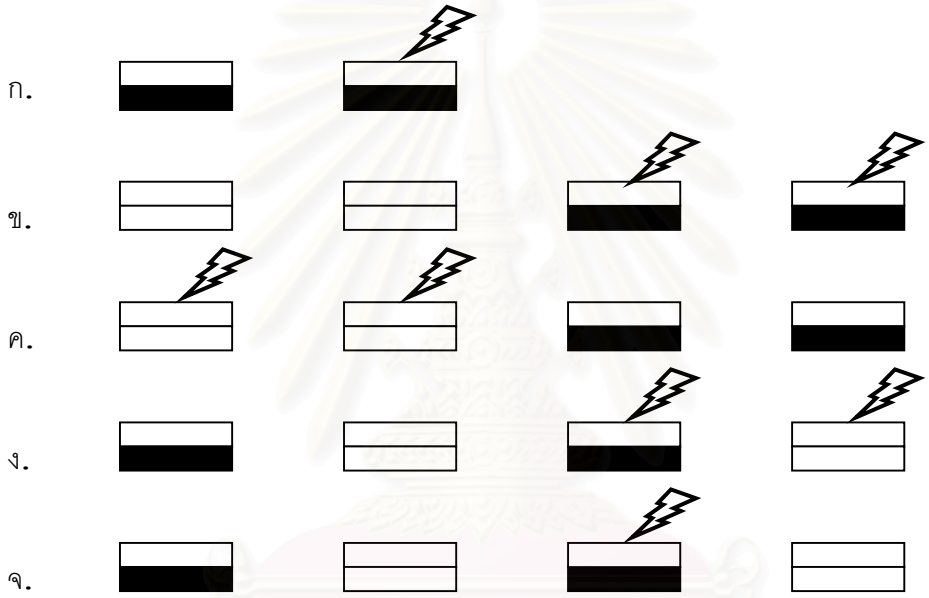
31. นักเรียนจะสรุปว่าสาเหตุของโรคกระดูกพรุนและเปราะบางของสุทธิดาเกิดจากการ<u>ไม่</u>ได้รับประทานอาหารชนิดใด
    ก. ตับวัว
    ข. ไข่แดง
    ค. มะละกอสุก
    ง. น้ำมันดอกคำฝอย
    จ. น้ำมันดอกทานตะวัน

จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ.32

นายศักดาศึกษาการเจริญของแบคทีเรียในจานเลี้ยงเชื้อ เขาได้ทำสีย้อมหกบนจานเลี้ยงเชื้อ ต่อมาพบว่าแบคทีเรียในจานเลี้ยงเชื้ออื่น ๆ เมื่อได้รับแสงอาทิตย์จะไม่เจริญ แต่แบคทีเรียในจานเลี้ยงเชื้อที่มีสีเจือปนอยู่เจริญเติบโตดีมาก เขาจึงคิดว่าสีน่าจะป้องกันรังสีอัลตราไวโอเลตจากแสงอาทิตย์ได้

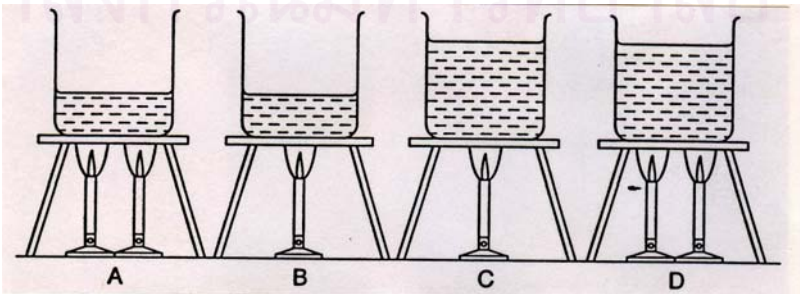
หมายเหตุ

32. นักเรียนคิดว่านายศักดาควรออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบความคิดของเขาอย่างไร เพื่อให้ข้อมูลที่ได้มีความน่าเชื่อถือ



จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ.33

นายทศพรทำการทดลองโดยใช้แหล่งให้ความร้อนชนิดหนึ่งในการต้มน้ำที่บรรจุอยู่ในบีกเกอร์ 4 ใบ (ดังภาพ) โดยแหล่งให้ความร้อนแต่ละแหล่งมีค่าความเข้มของความร้อนเท่ากัน และน้ำในแต่ละบีกเกอร์มีอุณหภูมิก่อนต้มเท่ากับ 25 °C



ภาพ การทดลองของนายทศพร

33. น้ำในบีกเกอร์ใดที่จะมีอุณหภูมิหลังการต้มเท่า ๆ กัน เมื่อเวลาผ่านไปแล้ว 10 นาที

ก. A และ B เท่านั้น

ข. A และ C เท่านั้น

ค. A และ D เท่านั้น

ง. B และ C เท่านั้น

จ. B และ D เท่านั้น

จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ.34

นายวีระพงษ์ทำการศึกษาเกี่ยวกับการงอกของเมล็ดโดยนำพืชไปแช่น้ำค้างคืน 1 คืน แล้วแบ่งการทดลองเป็น 2 ชุด ทั้ง 2 ชุดตั้งไว้ในอุณหภูมิห้อง และเพาะเมล็ดในจานเพาะเชื้อที่มีกระดาษเยื่อชุ่มน้ำ

ชุดที่ 1 ตั้งอยู่ในที่มืดเป็นเวลา 24 ชั่วโมง

ชุดที่ 2 ตั้งอยู่ในที่มืด 4 ชั่วโมง แล้วให้แสง 5 นาที แล้วจึงนำไปไว้ในที่มืดอีก 20 ชั่วโมง

ผลการทดลองเป็นดังภาพ

ภาพ การทดลองของนายวีระพงษ์

34. นักเรียนจะสรุปผลการทดลองของวีระพงษ์ว่าอย่างไร

ก. แสงมีผลต่อการงอกของเมล็ด

ข. เวลามีผลต่อการงอกของเมล็ด

ค. แสงมีผลต่อการงอกของเมล็ดพืชทุกชนิด

ง. ถ้าเพิ่มเวลาในการให้แสงเมล็ดจะงอกเร็วขึ้น

จ. ถ้าให้แสงตั้งแต่เริ่มเพาะเมล็ดเมล็ดจะไม่งอก

จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ.35-36

ณิชา สริตา และสุนันทาทำการทดลองเกี่ยวกับการแพร่ของด่างทับทิมในน้ำกลั่น โดยณิชาเทผงด่างทับทิมจำนวน 2 ช้อนเบอร์ 1 ลงในบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำกลั่น 150 cm^3 สังเกตแล้วพบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 5 นาทีหลังจากเทผงด่างทับทิมจะเกิดสีม่วงของด่างทับทิมทั่วทั้งบีกเกอร์

สริตาเทผงด่างทับทิมจำนวน 2 ช้อนเบอร์ 1 ลงในบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำกลั่น 150 cm^3 ซึ่งต้มจนมีอุณหภูมิ 70 $^\circ C$ สังเกตแล้วพบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 3 นาทีหลังจากเทผงด่างทับทิมจะเกิดสีม่วงของด่างทับทิมทั่วทั้งบีกเกอร์

ส่วนสุนันทาเทผงด่างทับทิมจำนวน 2 ช้อนเบอร์ 1 ลงในบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำกลั่น 150 cm^3 ซึ่งบีกเกอร์ถูกแช่อยู่ในถังน้ำแข็งและน้ำกลั่นมีอุณหภูมิ 18 $^\circ C$ สังเกตแล้วพบว่าเมื่อเวลาผ่านไป 8 นาทีหลังจากเทผงด่างทับทิมจะเกิดสีม่วงของด่างทับทิมทั่วทั้งบีกเกอร์

35. ปัจจัยที่ทำให้อัตราเร็วในการแพร่ของด่างทับทิมแตกต่างกันคืออะไร

ก. ปริมาณด่างทับทิม

ข. ขนาดของบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำกลั่น

ค. ขนาดของช้อนที่ใช้ตักผงด่างทับทิม

ง. อุณหภูมิขณะเกิดการแพร่ของด่างทับทิม

จ. ความบริสุทธิ์ของน้ำที่เป็นตัวกลางในการแพร่ของด่างทับทิม

36. ตัวแปรควบคุมในการทดลองดังกล่าวคืออะไร

ก. ปริมาณน้ำกลั่น

ข. ปริมาณด่างทับทิม

ค. ระยะเวลาในการแพร่ของด่างทับทิม

ง. ปริมาณด่างทับทิม ปริมาณน้ำกลั่น

จ. ปริมาณด่างทับทิม ชนิดและปริมาณของตัวกลางในการแพร่ของด่างทับทิม

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จงใช้ข้อความที่กำหนดให้ตอบคำถามข้อ.37

> นายพลวรรธเพาะเมล็ดพืชชนิดหนึ่งในกระถาง กระถางละ 12 ต้น โดยกระถางที่ 1 เติมปุ๋ยไนโตรเจน กระถางที่ 2 เติมปุ๋ยฟอสฟอรัส และรดน้ำในปริมาณเท่า ๆ กัน

37. ถ้าพลวรรธต้องการทดสอบผลของปุ๋ยแต่ละชนิดที่มีต่อการเจริญของต้นไม้ พลวรรธควรเพิ่มอะไรในการทดลองนี้

ก. เพิ่มกระถางที่ไม่เติมปุ๋ยเลย
ข. เพิ่มกระถางที่เติมปุ๋ยไนโตรเจน
ค. เพิ่มกระถางที่เติมปุ๋ยฟอสฟอรัส
ง. เพิ่มกระถางที่เติมปุ๋ยโพแทสเซียม
จ. เพิ่มกระถางที่เติมปุ๋ยทั้งสองชนิด

----------ขยันอ่าน ขยันเรียน หมั่นเพียรพยายาม หมั่นถาม หมั่นเขียน จะเกิดการเรียนรู้----------

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

(ตัวอย่าง)
แบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา

<u>คำชี้แจงในการทำแบบวัด</u>

1. แบบวัดนี้มีทั้งหมด 19 หน้า จำนวนข้อสอบ 30 ข้อ
   คะแนนเต็ม 30 คะแนน เวลาที่ใช้ในการสอบ 45 นาที

2. ข้อสอบทุกข้อเป็นแบบเลือกตอบ โดยแบ่งออกเป็น 2 ตอน คือ **ข้อคำถาม (เชิงเนื้อหา) และเหตุผล (ในการเลือกตัวเลือกของข้อคำถามนั้น ๆ)** ให้นักเรียนอ่านคำถามให้เข้าใจแล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย X ให้ตรงกับตัวอักษรและตัวเลขที่เลือกลงในกระดาษคำตอบ ตัวอย่างเช่น

ข้อ	ข้อคำถาม				เหตุผล			
	ก	ข	ค	ง	1	2	3	4
1		X						X
2								
3								

3. ถ้านักเรียนต้องการเปลี่ยนแปลงคำตอบให้ขีดฆ่าคำตอบเดิม แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในช่องคำตอบใหม่ ตัวอย่างเช่น

ข้อ	ข้อตำถาม				เหตุผล			
	ก	ข	ค	ง	1	2	3	4
1		X		X				X
2								
3								

4. ห้ามขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใด ๆ ลงในแบบวัดฉบับนี้ ให้ขีดเขียนในกระดาษทดที่แจกให้เท่านั้น

5. ให้นักเรียนส่งแบบวัดและกระดาษคำตอบคืนผู้คุมสอบ เมื่อครบเวลาที่กำหนด

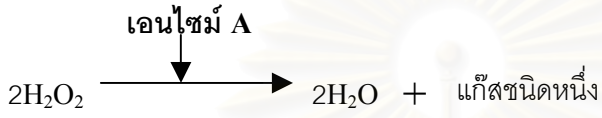
แบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา

<u>คำสั่ง</u> จงเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียวแล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบ

จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ.1

ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) เป็นสารที่เกิดขึ้นจากกระบวนการเมแทบอลิซึมของเซลล์ ซึ่งเป็นอันตรายต่อเซลล์ ดังนั้นเซลล์จึงมีกระบวนการกำจัดสารดังกล่าวดังปฏิกิริยาต่อไปนี้

ปฏิกิริยาการสลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ภายในเซลล์



1. เหตุการณ์ที่จะเกิดขึ้นถ้าปฏิกิริยาข้างต้นขาดเอนไซม์ A คืออะไร
   ก. ปฏิกิริยาจะถูกยับยั้ง
   ข. ปฏิกิริยาจะดำเนินไปอย่างช้า ๆ
   ค. ปฏิกิริยาจะดำเนินไปอย่างรวดเร็ว
   ง. ปริมาณ H_2O_2 จะลดลงอย่างรวดเร็ว

   เหตุผลที่เลือกตอบข้อดังกล่าวเพราะ
   1. เอนไซม์ A ช่วยลดอัตราการเกิดปฏิกิริยา
   2. เอนไซม์ A ช่วยลดพลังงานจลน์เพื่อให้ปฏิกิริยาเกิดเร็วขึ้น
   3. เอนไซม์ A ช่วยลดพลังงานก่อกัมมันต์ในการเกิดปฏิกิริยา
   4. เอนไซม์ A ช่วยเพิ่มพลังงานก่อกัมมันต์ในการเกิดปฏิกิริยา

จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ.2

อุณหภูมิเป็นปัจจัยหนึ่งที่มีผลต่อการทำงานของเอนไซม์ภายในร่างกายของเรา โดยอุณหภูมิที่เหมาะสมต่อการทำงานของเอนไซม์คือ อุณหภูมิร่างกายซึ่งมีค่าประมาณ 37 °C

2. ถ้านักเรียนมีไข้สูงกว่า 40 °C การทำงานของเอนไซม์ในระบบย่อยอาหารจะเป็นอย่างไร
   ก. ทำงานได้ดี
   ข. ทำงานได้ไม่ดี
   ค. การทำงานหยุดชะงัก
   ง. การทำงานไม่เปลี่ยนแปลง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

เหตุผลที่เลือกตอบข้อดังกล่าวเพราะ

1. เอนไซม์มีความเข้มข้นมากขึ้น
2. โครงสร้างของซับสเตรตเปลี่ยนแปลงไป
3. ตำแหน่งกัมมันต์ของเอนไซม์เปลี่ยนแปลงไป
4. เอนไซม์มีพลังงานสูงขึ้นไม่สามารถรวมกับซับสเตรตได้

จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ.3

> นายศักดาทำการทดลองโดยใส่สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ลงในหลอดทดลองขนาดเท่า ๆ จำนวนกัน 2 หลอด หลอดละ 5 cm^3 และสังเกตพบว่าไม่มีปฏิกิริยาใด ๆ เกิดขึ้นภายในหลอด แต่เมื่อเขาใส่น้ำคั้นจากยอดผักคะน้าลงไปในหลอดหนึ่งปริมาณ 3 cm^3 พบว่าหลอดที่ใส่น้ำคั้นยอดผักคะน้ามีฟองแก๊สเกิดขึ้นเป็นจำนวนมาก นายศักดาจึงตรวจสอบแก๊สที่เกิดขึ้นโดยใช้ก้านธูปที่ติดไฟแล้วดับเปลวไฟเหลือเฉพาะถ่านแดง ๆ จ่อเข้าไปในหลอดทดลอง ปรากฏว่าถ่านไม้สีแดงวาบขึ้นเป็นเปลวไฟ

3. แก๊สที่เกิดขึ้นจากการทดลองของศักดาคือแก๊สชนิดใด
   ก. แก๊สออกซิเจน
   ข. แก๊สไฮโดรเจน
   ค. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์
   ง. แก๊สไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์

เหตุผลที่เลือกตอบข้อดังกล่าวเพราะ

1. แก๊สดังกล่าวเป็นแก๊สที่ติดไฟ
2. แก๊สดังกล่าวเป็นแก๊สที่ช่วยให้ไฟติด
3. แก๊สดังกล่าวเป็นแก๊สที่มีฟองขาวขุ่น
4. แก๊สดังกล่าวเป็นแก๊สที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางเคมีของน้ำคั้นยอดผักคะน้า

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ.4

ถ้านายศรรามนำสไลด์ที่มีเยื่อหอมแดงแผ่นหนึ่ง มาตรวจดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ทั้ง 4 กล้องที่มีกำลังขยายของเลนส์ตาและเลนส์วัตถุต่าง ๆ กัน ดังตาราง

<u>ตาราง</u> กำลังขยายเลนส์ตาและเลนส์วัตถุของกล้องจุลทรรศน์แต่ละตัว

กล้องจุลทรรศน์ที่	กำลังขยายเลนส์ใกล้ตา	กำลังขยายเลนส์ใกล้วัตถุ
1	4 เท่า	10 เท่า
2	10 เท่า	10 เท่า
3	10 เท่า	40 เท่า
4	15 เท่า	20 เท่า

4. ศรรามจะเห็นจำนวนเซลล์หอมแดงน้อยที่สุด เมื่อมองผ่านกล้องจุลทรรศน์ตัวใด
   ก. กล้องที่ 1
   ข. กล้องที่ 2
   ค. กล้องที่ 3
   ง. กล้องที่ 4

เหตุผลที่เลือกตอบข้อดังกล่าวเพราะ

1. กำลังขยายของกล้องน้อยที่สุด จึงทำให้บริเวณที่มองเห็นนั้นแคบ
2. กำลังขยายของกล้องมากที่สุด จึงทำให้บริเวณที่มองเห็นนั้นแคบ
3. กำลังขยายของกล้องน้อยที่สุด จึงทำให้มองเห็นรายละเอียดของภาพน้อย
4. กำลังขยายของกล้องมากที่สุด จึงทำให้มองเห็นรายละเอียดของภาพมาก

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ.5-6

> ไลโซโซมเป็นออร์แกเนลล์ที่ถูกสร้างขึ้นมาจากออร์แกเนลล์ชนิดหนึ่ง มีลักษณะเป็นถุงมีเยื่อหุ้มบางๆ หนึ่งชั้น ภายในบรรจุเอนไซม์สำหรับย่อยสารต่าง ๆ ภายในเซลล์

5. ออร์แกเนลล์ที่ทำหน้าที่สร้างไลโซโซมคือออร์แกเนลล์ใด
   ก. ไมโทคอนเดรียและกอลจิคอมเพล็กซ์
   ข. ร่างแหเอนโดพลาซึมชนิดเรียบและไรโบโซม
   ค. ร่างแหเอนโดพลาซึมชนิดขรุขระและกอลจิคอมเพล็กซ์
   ง. ร่างแหเอนโดพลาซึมชนิดเรียบและร่างแหเอนโดพลาซึมชนิดขรุขระ

   เหตุผลที่เลือกตอบข้อดังกล่าวเพราะ
   1. ออร์แกเนลล์ทั้งสองมีลักษณะคล้ายไลโซโซม
   2. ออร์แกเนลล์ทั้งสองมีเยื่อหุ้มหนึ่งชั้นเหมือนกับไลโซม
   3. ออร์แกเนลล์ทั้งสองทำหน้าที่สร้างเอนไซม์สำหรับย่อยสารต่าง ๆ
   4. ออร์แกเนลล์ทั้งสองทำหน้าที่สร้างโปรตีนและถุงหุ้มโปรตีนตามลำดับ

6. เซลล์ที่มีไลโซโซมมากที่สุดคือเซลล์ใด
   ก. เซลล์ตับ
   ข. เซลล์ท่อหน่วยไต
   ค. เซลล์เม็ดเลือดขาว
   ง. เซลล์ของต่อมไร้ท่อ

   เหตุผลที่เลือกตอบข้อดังกล่าวเพราะ
   1. เซลล์ดังกล่าวทำหน้าที่กำจัดสารพิษภายในร่างกาย
   2. เซลล์ดังกล่าวทำหน้าที่สร้างฮอร์โมนชนิดที่เป็นโปรตีน
   3. เซลล์ดังกล่าวทำหน้าที่กำจัดยูเรียภายในร่างกายให้ออกมาพร้อมกับปัสสาวะ
   4. เซลล์ดังกล่าวทำหน้าที่ทำลายเชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอมต่าง ๆ ภายในร่างกาย

จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ.7

> การแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ระหว่างถุงลมกับเลือด และระหว่างเลือดกับเซลล์ถือเป็นกระบวนการรักษาดุลยภาพของเซลล์และร่างกายของเรา ซึ่งจะต้องอาศัย กระบวนการลำเลียงแก๊สทั้งสองชนิดเป็นสำคัญ

7. กระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนและคาร์บอนไดออกไซด์ในร่างกายของคนคือกระบวนการใด

   ก. ออสโมซิส

   ข. การแพร่แบบธรรมดา

   ค. การแพร่แบบฟาซิลิเทต

   ง. การลำเลียงโดยวิธีแอกทีฟทรานสปอร์ต

   เหตุผลที่เลือกตอบข้อดังกล่าวเพราะ

   1. กระบวนการดังกล่าวอาศัย ATP ในการแลกเปลี่ยนแก๊สทั้งสองชนิด
   2. กระบวนการดังกล่าวอาศัยน้ำเป็นตัวกลางในการแลกเปลี่ยนแก๊สทั้งสองชนิด
   3. กระบวนการดังกล่าวอาศัยโปรตีนเป็นตัวพาในการแลกเปลี่ยนแก๊สทั้งสองชนิด
   4. กระบวนการดังกล่าวอาศัยหลักการความแตกต่างของความเข้มข้นระหว่างแก๊สทั้งสองชนิด

8. พฤติกรรมของบุคคลใดที่จะทำให้อัตราการแพร่ของด่างทับทิมในน้ำกลั่นที่บรรจุอยู่ในบีกเกอร์ ณ อุณหภูมิห้องเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ

   ก. พรชิตาใส่น้ำแข็งปริมาณ 50 กรัมลงไปในน้ำกลั่น

   ข. สุวนันท์นำน้ำกลั่นไปต้มจนกระทั่งมีอุณหภูมิ 70 °C

   ค. พอลล่านำหนังสือไปวางปิดปากบีกเกอร์ที่บรรจุน้ำกลั่น

   ง. พัชราภาเทด่างทับทิมลงไปในน้ำกลั่นเพิ่มขึ้นอีกประมาณ 1/4 ช้อนเบอร์ 1

   เหตุผลที่เลือกตอบข้อดังกล่าวเพราะ

   1. ผลที่เกิดจากพฤติกรรมดังกล่าวคือ ทำให้โมเลกุลของน้ำกลั่นมีพลังงานจลน์ในการเคลื่อนที่ลดลง
   2. ผลที่เกิดจากพฤติกรรมดังกล่าวคือ ทำให้โมเลกุลของน้ำกลั่นมีพลังงานจลน์ในการเคลื่อนที่มากขึ้น
   3. ผลที่เกิดจากพฤติกรรมดังกล่าวคือ ทำให้โมเลกุลของด่างทับทิมมีพลังงานจลน์ในการเคลื่อนที่ลดลง
   4. ผลที่เกิดจากพฤติกรรมดังกล่าวคือ ทำให้โมเลกุลของด่างทับทิมมีพลังงานจลน์ในการเคลื่อนที่มากขึ้น

จงใช้ภาพต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ.9

ภาพ เซลล์เม็ดเลือดแดงของคน

9. ถ้านำเซลล์ดังภาพไปแช่ในน้ำกลั่น จะเกิดเหตุการณ์ใด

ก. เซลล์เหี่ยว

ข. เซลล์เต่งแล้วแตก

ค. เซลล์เต่งแต่ไม่แตก

ง. เซลล์มีรูปร่างเหมือนเดิม

เหตุผลที่เลือกตอบข้อดังกล่าวเพราะ

1. มีเยื่อหุ้มเซลล์ที่แข็งแรง
2. น้ำเคลื่อนที่ออกจากเซลล์
3. ความเข้มข้นของสารละลายภายในเซลล์มากกว่าภายนอก
4. ความเข้มข้นของสารละลายภายในเซลล์น้อยกว่าภายนอก

10. นักเรียนจะเห็นเยื่อหุ้มเซลล์ของสาหร่ายหางกระรอกได้ชัดเมื่อเซลล์แช่อยู่ในสารชนิดใด

ก. น้ำกลั่น

ข. สารละลายไอโซโทนิก

ค. สารละลายไฮโปโทนิก

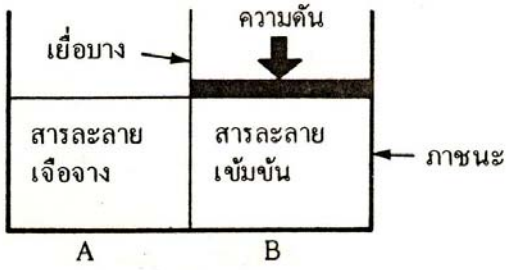
ง. สารละลายไฮเปอร์โทนิก

เหตุผลที่เลือกตอบข้อดังกล่าวเพราะ

1. สารละลายภายนอกเซลล์มีความเข้มข้นน้อยกว่าภายในเซลล์
2. น้ำภายในเซลล์จะเคลื่อนที่ออกมาภายนอกทำให้ไซโทพลาซึมหดตัว
3. น้ำภายนอกจะเคลื่อนที่เข้าไปภายในเซลล์ทำให้เซลล์เต่งเห็นเยื่อหุ้มเซลล์ชัดเจน
4. สารละลายภายในเซลล์มีความเข้มข้นเท่ากับภายนอกเซลล์จึงทำให้เยื่อหุ้มเซลล์ไม่เปลี่ยนแปลง

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จงใช้ภาพและข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ.11



จากภาพ สารละลายในภาชนะ A มีความเข้มข้นน้อยกว่าสารละลายในภาชนะ B และมีเยื่อบางที่กั้นไม่ยอมให้โมเลกุลของตัวถูกละลายเคลื่อนที่ผ่านได้

11. ถ้าเพิ่มความดันให้กับสารละลายในภาชนะ B จนกระทั่งเอาชนะความดันของสารละลายในภาชนะ Aจะเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

ก. ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

ข. น้ำจะออสโมซิสจาก A → B

ค. น้ำจะออสโมซิสจาก B → A

ง. ตัวถูกละลายจะแพร่จาก A → B

เหตุผลที่เลือกตอบข้อดังกล่าวเพราะ

1. โมเลกุลมีพลังงานจลน์ลดลง
2. โมเลกุลมีพลังงานศักย์ลดลง
3. โมเลกุลมีพลังงานศักย์เพิ่มขึ้น
4. โมเลกุลมีพลังงานจลน์มากขึ้น

จงใช้ข้อมูลต่อไปนี้ตอบคำถามข้อ.12

นางสาวปลายฝนทำการทดลองเกี่ยวกับการแพร่ของสาร โดยนำน้ำเชื่อมและน้ำกลั่นใส่ลงในกล่องแก้วใสซึ่งมีแผ่นแก้วกั้นระหว่างน้ำเชื่อมและน้ำกลั่น (ดังภาพ)

ภาพประกอบ การทดลองของนางสาวปลายฝน

12. ถ้าปลายฝนดึงแผ่นที่กั้นระหว่าง A และ B ออก ในเวลาต่อมาจะเกิดสิ่งใดขึ้น

ก. โมเลกุลของน้ำใน B จะไม่แพร่มายัง A

ข. โมเลกุลของน้ำตาลใน A จะแพร่ไปยัง B ก่อนโมเลกุลของน้ำจาก B แพร่ไปยัง A

ค. โมเลกุลของน้ำใน B จะแพร่มายัง A ก่อนโมเลกุลของน้ำตาลจาก A แพร่ไปยัง B

ง. โมเลกุลของน้ำตาลและน้ำในน้ำเชื่อมจะแพร่ไปยัง B ก่อนโมเลกุลของน้ำจาก B แพร่มายัง A

เหตุผลที่เลือกตอบข้อดังกล่าวเพราะ

1. น้ำมีพลังงานจลน์ในการเคลื่อนที่ลดลง
2. น้ำมีขนาดโมเลกุลเล็กกว่าน้ำตาลจึงแพร่ได้เร็วกว่า
3. น้ำมีขนาดโมเลกุลใหญ่กว่าน้ำตาลจึงแพร่ได้เร็วกว่า
4. น้ำตาลและน้ำในน้ำเชื่อมมีพลังงานจลน์มากกว่าจึงแพร่ได้เร็วกว่า

----------ขยันอ่าน ขยันเรียน หมั่นเพียรพยายาม หมั่นถาม หมั่นเขียน จะเกิดการเรียนรู้----------

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ค
เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

1. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วย
   วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย
2. ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย
เรื่อง การทำงานของเอนไซม์

เวลา 2 คาบ (100 นาที)

วิชา ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2

ผู้เขียน นายเกรียงไกร อภัยวงศ์

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อเรียนจบบทเรียนแล้ว นักเรียนสามารถ

1. ตั้งสมมติฐานจากปัญหาที่กำหนดให้ได้
2. ทดลองเพื่อศึกษาการทำงานของเอนไซม์ได้
3. อธิบายการทำงานของเอนไซม์ได้
4. บอกความสำคัญของเอนไซม์ได้
5. เขียนผังมโนทัศน์ เรื่อง เอนไซม์ได้

เนื้อหา/ สาระ

การทำงานของเอนไซม์ หมายถึง การทำงานของเอนไซม์ในปฏิกิริยาการสลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ภายในเซลล์ โดยเอนไซม์จะทำหน้าที่เร่งการสลายตัวของ H_2O_2 ซึ่งเป็นสารที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์ และเป็นสารอันตรายต่อเซลล์ ให้กลายเป็นน้ำ (H_2O) และแก๊สออกซิเจน(O_2) ทั้งนี้ถ้าไม่มีเอนไซม์การสลายตัวของ H_2O_2 ที่อุณหภูมิห้องจะเกิดช้ามาก

ความสำคัญของเอนไซม์

1. ช่วยสลายสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ที่เป็นอันตรายต่อเซลล์
2. ช่วยลดพลังงานก่อกัมมันต์ในการเกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ ภายในเซลล์ ทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น

สื่อการเรียนรู้/ แหล่งการเรียนรู้

วัสดุ/ อุปกรณ์

1) โกร่ง
2) เครื่องชั่ง
3) กระบอกตวง
4) ตะเกียงแอลกอฮอล์พร้อมที่กั้นลม
5) บีกเกอร์ขนาด 250 cm^3
6) เทอร์มอมิเตอร์พร้อมขาตั้งและที่จับ
7) หลอดทดลองขนาดกลางพร้อมจุกยาง
8) ถูป
9) ไม้ขีดไฟ
10) ที่วางหลอดทดลอง
11) ท่อสายยางใสขนาดเล็ก
12) ผ้าขาวบาง
13) เนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิตที่นำมาศึกษา ได้แก่ ยอดคะน้า ถั่วงอก ขิง ข่า ตะไคร้ ตำลึง ดอกแคแตงกวา แครอท ฝรั่ง แอปเปิ้ล ตับหมู ตับวัว
14) ผ้าขี้ริ้ว
15) ตะกร้าใส่ขยะ
16) กระดาษฟลิปชาร์ต
17) ปากกาเมจิก
18) ไม้บรรทัดขนาด 60 cm
19) กระดาษกาวย่นสีขาว
20) วีดิทัศน์เรื่อง การทำงานของเอนไซม์
21) แผ่นโปร่งใสสรุปเรื่อง การทำงานของเอนไซม์
22) สมุดกิจกรรมการตั้งสมมติฐานนิรนัย (เล่มเล็ก) เรื่อง การทำงานของเอนไซม์

สารเคมี

1) น้ำกลั่น
2) สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) 3%
3) สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$)

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำ

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการทบทวนมโนทัศน์เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีภายในร่างกายของสิ่งมีชีวิตที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปแล้ว จากนั้นครูให้นักเรียนสังเกตมะนาวผ่าซีก และมะม่วงดองที่ครูเตรียมมา

2. ครูถามคำถามต่อไปนี้

1) สิ่งที่เกิดขึ้นกับนักเรียนเมื่อเห็นของเหล่านี้คือ อะไร ***(น้ำลายสอ/ น้ำลายไหล)***

2) ส่วนประกอบของน้ำลายมีอะไรบ้าง ***(ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนตอบจนกระทั่งนักเรียนตอบว่า ในน้ำลายมีเอนไซม์อะไมเลส)***

3) เอนไซม์คืออะไร ***(อินทรียสารจำพวกโปรตีนที่เซลล์ของสิ่งมีชีวิตสร้างขึ้นทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้น (catalyst) ให้เกิดปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์ ซึ่งหลังจากเกิดปฏิกิริยาแล้วเอนไซม์จะไม่เปลี่ยนสภาพและมีคุณสมบัติเหมือนเดิม)***

4) เอนไซม์ของสิ่งมีชีวิตที่นักเรียนรู้จักมีชื่ออะไรบ้าง แต่ละเอนไซม์มีบทบาทหน้าที่อย่างไร

3. ครูทบทวนประสบการณ์เดิมเกี่ยวกับบทบาทของเอนไซม์ในสิ่งมีชีวิตโดยให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4 คน คละตามความสามารถทำงานร่วมกัน โดยตอบคำถามว่า เอนไซม์มีบทบาทหน้าที่อย่างไรในปฏิกิริยาภายในเซลล์ และให้นักเรียนเขียนบันทึกคำตอบลงในสมุดกิจกรรมการตั้งสมมติฐานนิรนัย (เล่มเล็ก) เรื่อง การทำงานของเอนไซม์ ซึ่งครูเป็นผู้จัดทำขึ้น

ขั้นการศึกษาสำรวจ (Exploration phase)

1. ครูให้นักเรียนสังเกตสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ให้นักเรียนดู แล้วถามคำถามต่อไปนี้

1) นักเรียนเคยรู้จักสารชนิดนี้หรือไม่ อย่างไร ***(รู้จัก เป็นสารที่ใช้ล้างแผล)***

2) สารดังกล่าวมีฤทธิ์เป็นกรดหรือเบส และทราบได้อย่างไร ***(กรดอ่อน ๆ เพราะรู้สึกแสบร้อนเมื่อใช้สารดังกล่าวทำความสะอาดแผล)***

2. ครูกล่าวว่า ภายในร่างกายของมนุษย์ พืช และสัตว์ก็มี สารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เกิดขึ้นเนื่องมาจากปฏิกิริยาเคมีที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ แล้วถามคำถามต่อไปนี้เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัย

1) ไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นภายในร่างกายของมนุษย์ พืช และสัตว์ มีผลอย่างไรต่อเซลล์ ***(เป็นอันตรายต่อเซลล์ ทำให้เซลล์ตายได้)***

2) เพราะเหตุใดร่างกายของพืช สัตว์ และนักเรียนจึงไม่ได้รับอันตรายจากไฮโดรเจน-เปอร์ออกไซด์ ***(เซลล์มีการกำจัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์)***

3. ครูให้นักเรียนสังเกตถั่วงอกบดละเอียดที่บรรจุอยู่ในบีกเกอร์ขนาดเล็ก และกล่าวว่าถ้าเซลล์มีกระบวนการกำจัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์แล้ว น่าจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเมื่อครูเทไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลงไป

4. ครูสาธิตการทดลองโดยเทไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลงในบีกเกอร์ที่มีถั่วงอกบดละเอียดอยู่ พร้อมทั้งให้นักเรียนศึกษาสำรวจปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้น และบันทึกลงในสมุดกิจกรรมการตั้งสมมติฐานนิรนัย (เล่มเล็ก)ฯ

5. ครูกล่าวว่า จากคำถามและการสาธิตการทดลองที่ผ่านมา นักเรียนจะตั้งคำถามเกี่ยวกับปรากฏการณ์ดังกล่าวว่าอย่างไร ***(เพราะเหตุใดร่างกายของนักเรียนจึงไม่ได้รับอันตรายจากไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้น หรือ สิ่งใดที่ทำหน้าที่กำจัดไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ที่เกิดขึ้นภายในเซลล์ของสิ่งมีชีวิต)***

6. ครูเขียนสุ่มเรียกนักเรียนให้ออกมาเขียนคำถามดังกล่าว บนกระดานดำเพื่อเป็นแนวทางในการตั้งสมมติฐาน ออกแบบและดำเนินการทดลองเพื่อตอบคำถามที่กำหนดขึ้น

7. ครูแนะนำเอกสารที่เกี่ยวข้องกับปฏิกิริยาภายในเซลล์ เพื่อใช้ศึกษาเพื่อเป็นแนวทางในการตั้งสมมติฐาน พร้อมทั้งแนะนำวัสดุ/ อุปกรณ์และหน้าที่ ที่นักเรียนสามารถเลือกใช้ในการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานได้

8. นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายในลักษณะคิดเดี่ยว-คิดคู่-ร่วมกันคิด (think – pair – share) ดังนี้ ให้สมาชิกแต่ละคนในแต่ละกลุ่มคิดคนเดียว (2 นาที) จากนั้นคิดและอภิปรายเป็นคู่ (2 นาที) แล้วคิดและอภิปรายร่วมกันเป็นกลุ่ม (2 นาที) เพื่อตั้งสมมติฐานและออกแบบการทดลอง พร้อมทั้งออกแบบวิธีการและรูปแบบการนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการทดลอง โดยครูเน้นว่าในการทำกิจกรรมกลุ่มขอให้นักเรียนทุกคนแสดงความคิดเห็นของตนเองให้มากที่สุด ไม่ว่าจะเป็นความคิดเห็นคล้อยตามหรือโต้แย้ง ทั้งนี้ควรมีเหตุผล และรับฟังความคิดเห็นของเพื่อนร่วมกลุ่ม

9. ครูให้นักเรียนทำนายผลที่จะเกิดขึ้นโดยถามนักเรียนว่า ถ้าสมมติฐานของกลุ่มนักเรียนถูกต้อง สิ่งที่จะต้องสังเกตในการทำการทดลองคืออะไร โดยให้นักเรียนบันทึกคำตอบลงในสมุดกิจกรรมการตั้งสมมติฐานนิรนัย (เล่มเล็ก)ฯ

10. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มทำการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน และบันทึกผลตามแนวทางที่กลุ่มกำหนดทั้งนี้อนุญาตให้นักเรียนสามารถมาหยิบอุปกรณ์และสารเคมีที่ใช้ในการทดลองได้ตามต้องการ

11. นักเรียนแต่ละกลุ่มวิเคราะห์ข้อมูล และสรุปผลการทดลองที่ได้

ขั้นสร้างมโนทัศน์ (Concept introduction)

1. **ครูให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอข้อมูล และผลการทดลองหน้าชั้นเรียน ตัวอย่าง ข้อมูลเช่น**

ตาราง **ผลการเปลี่ยนแปลงของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เมื่อเติมสารต่าง ๆ**

หลอดทดลอง	ผลการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น
1. สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ + น้ำผักคะน้าคั้นสด	เกิดฟองแก๊สฟูมากมาย
2. สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ + น้ำผักคะน้าคั้นต้มสุก	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง
3. สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ + ตับหมูสด	เกิดฟองแก๊สฟูมากมาย
4. สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ + ตับหมูต้มสุก	ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

ผลการทดลองสรุปได้ว่า เมื่อนำไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เทใส่ลงไปในน้ำผักคะน้าคั้นสดและตับหมูสด จะเกิดฟองแก๊สมากมาย แต่เมื่อนำไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เทใส่ลงไปในน้ำผักคะน้าคั้นต้มสุกและตับหมูต้มสุก จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง

2. ครูให้นักเรียนผู้ฟังจดบันทึกและสังเกตผลการทดลองที่เพื่อนแต่ละกลุ่มนำเสนอ

3. ครูถามคำถามเพื่อให้นักเรียนตอบ หลังจากเสร็จสิ้นการนำเสนอข้อมูลของนักเรียนทุกกลุ่ม ดังนี้

1) ผลการทดลองของกลุ่มใดแตกต่างจากกลุ่มอื่นบ้าง เพราะเหตุใด

2) ผลการทดลองเป็นไปตามสมมติฐานที่นักเรียนตั้งไว้หรือไม่ อย่างไร

3) สาเหตุที่ทำให้เกิดผลการทดลองดังกล่าวคือ อะไร ***(เมื่อนำไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เทใส่ลงไปในน้ำผักคะน้าคั้นสดและตับหมูสด จะเกิดฟองแก๊สมากมาย เนื่องจากในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ จะมีเอนไซม์ที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาการสลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ให้เกิดขึ้นเร็ว แต่เมื่อนำไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เทใส่ลงไปในน้ำผักคะน้าคั้นต้มสุกและตับหมูต้มสุก จะไม่มีการเปลี่ยนแปลง เนื่องจากเอนไซม์ถูกทำลายที่อุณหภูมิสูง)***

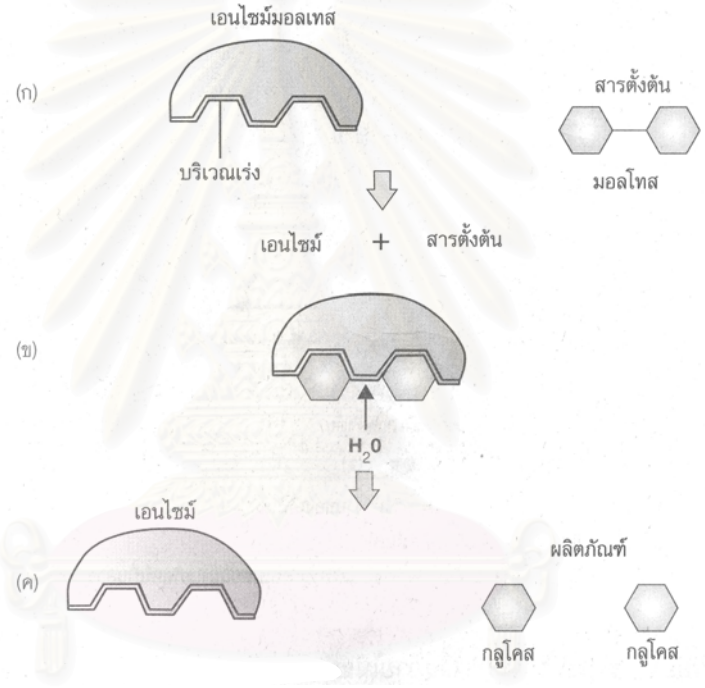
4. สรุปผลการทดลองได้ว่า อย่างไร ***(ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ จะมีเอนไซม์ที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาให้เกิดขึ้น และเอนไซม์จะถูกทำลายที่อุณหภูมิสูง)***

5. ครูอธิบายคำศัพท์และความรู้ที่เกี่ยวข้องเพิ่มเติมเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างมโนทัศน์เกี่ยวกับการทำงานของเอนไซม์แก่นักเรียน ดังนี้

1) เอนไซม์ (enzyme) คือ อินทรียสารจำพวกโปรตีนที่เซลล์ของสิ่งมีชีวิตสร้างขึ้น ทำหน้าที่กระตุ้น (catalyst) ปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์ให้เกิดเร็วขึ้น ซึ่งหลังจากเกิดปฏิกิริยาแล้วเอนไซม์จะไม่เปลี่ยนสภาพและมีสมบัติเหมือนเดิม

2) เอนไซม์ทุกชนิดเป็นโปรตีน แต่โปรตีนทุกชนิดไม่ใช่เอนไซม์ ดังนั้นเอนไซม์จึงมีสมบัติทั่วไปของโปรตีน เอนไซม์บางชนิดมีองค์ประกอบที่ไม่ใช่โปรตีนรวมอยู่ด้วยอาจเป็นไอออนของโลหะ เช่น ซิงค์ไอออน (Zn^{2+}) หรืออาจเป็นสารอินทรีย์ก็ได้ เช่น วิตามิน B B_1 และ C เป็นต้น

3) การทำงานของเอนไซม์เปรียบเสมือนแม่กุญแจกับลูกกุญแจ (Lock and key) ดังภาพ



ภาพ การทำงานของเอนไซม์โดยใช้แบบจำลองแม่กุญแจกับลูกกุญแจ

4) ตำแหน่งก่อกัมมันต์ (active site) คือ บริเวณที่อยู่บนเอนไซม์ (enzyme) ซึ่งสารตั้งต้น (substrate) จะเข้าสวมกับเอนไซม์ตรงบริเวณนี้เพื่อทำปฏิกิริยาเคมี จึงทำให้เอนไซม์มีความจำเพาะต่อสารตั้งต้น

(หมายเหตุ การอธิบายคำศัพท์และความรู้ตั้งแต่ข้อ.1-4 ครูใช้วีดิทัศน์เรื่อง การทำงานของเอนไซม์ ประกอบการอธิบาย)

5) วิธีการทดสอบแก๊สออกซิเจน (O_2) ที่เกิดขึ้นจากปฏิกิริยาการสลายไฮโดรเจนเปอร์-ออกไซด์ คือ นำก้านธูปหรือก้านไม้ขีดที่ติดไฟแล้วดับเปลวไฟเหลือเฉพาะถ่านแดง ๆ จ่อเข้าไปในหลอดทดลอง โดยถ่านก้านธูปหรือไม้ขีดไฟจะเกิดเปลวไฟวาบขึ้น

6. ครูให้นักเรียนสรุปมโนทัศน์เกี่ยวกับการทำงานของเอนไซม์ ยกตัวอย่างความสำคัญของเอนไซม์ และเขียนผังมโนทัศน์เรื่อง เอนไซม์ แล้วบันทึกลงในสมุดกิจกรรมการตั้งสมมติฐานนิรนัย (เล่มเล็ก)ฯ

7. ครูอธิบายมโนทัศน์ของการทำงานของเอนไซม์โดยใช้แผ่นโปร่งใสประกอบ พร้อมทั้งยกตัวอย่างความสำคัญของเอนไซม์

ขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ (Concept application)

ครูให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อตอบคำถามว่า เพราะเหตุใดเมื่อเราไม่สบาย จึงรู้สึกไม่อยากรับประทานอาหาร ***(เพราะร่างกายมีอุณหภูมิสูง เอนไซม์ในระบบย่อยอาหารถูกทำลายจึงทำงานได้ไม่เต็มที่)***

การวัดและประเมินผล

1. สังเกตความตั้งใจในการแสดงออกถึงบทบาท และการมีส่วนร่วมในการอภิปรายกลุ่ม
2. ประเมินผลผลิต
    2.1 สมุดกิจกรรมการตั้งสมมติฐานนิรนัย (เล่มเล็ก)ฯ เรื่อง การทำงานของเอนไซม์
    2.2 ใบประเมินรูปแบบการนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการทดลอง
    2.3 ผังมโนทัศน์ เรื่อง เอนไซม์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ความรู้เรื่อง เอนไซม์

ทุกคนคงเคยได้ยินคนพูดบ่อย ๆ เกี่ยวกับ “เอนไซม์” แต่ไม่ทราบรายละเอียด วันนี้จึงได้พยายามรวบรวมจากความรู้ในหนังสือหลายเล่ม โดยให้เป็นที่เข้าใจง่าย ๆ มาเสนอท่านผู้อ่าน และมีรายละเอียดเรื่องอาหารในคอลัมน์ด้วย “อาหารสุขภาพด้วย” ด้วย

คำถาม: “เอนไซม์ คือ อะไร”

เอนไซม์ คือ สารชีวเคมีหลายชนิดปนกันอยู่ (complex biochemical substances) ที่คอยควบคุมการทำงานของสิ่งมีชีวิตทั้งหมด เอนไซม์ เป็นสารที่มีลักษณะคล้ายโปรตีน และทำงานทุกอย่างตั้งแต่ทำให้ผลไม้สุก เมล็ดพืชงอก ต้นไม้เติบโต และย่อยอาหาร

การที่กล้ามเนื้อเคลื่อนไหว การทำงานของอวัยวะต่าง ๆ ก็เป็นตัวอย่างการทำงานของเอนไซม์ ถ้าไม่มีเอนไซม์สิ่งมีชีวิตก็อยู่ไม่ได้ แต่เอนไซม์ก็ทนความร้อนไม่ได้ อาหารที่ผ่านการปรุงจะไม่มีเอนไซม์เพราะถูกความร้อนทำลายหมด ถ้าไม่มีเอนไซม์ในอาหาร สารอาหารต่างๆ ที่ได้รับจากอาหารที่รับประทานเข้าไปเช่น วิตามิน แร่ธาตุ คาร์โบไฮเดรต ก็ไม่สามารถดูดซึมเข้าสู่กระแสเลือดทั่วร่างกายได้

ขณะที่เราคั้นน้ำจากผักหรือผลไม้ เอนไซม์ก็จะถูกปล่อยออกมา ทำนองเดียวกับที่เราเคี้ยวอาหารนั่นเอง แล้วเอนไซม์ก็จะเป็นผู้เริ่มกระบวนการย่อย เป็นการช่วยให้ร่างกายใช้พลังงานเพียงเล็กน้อยในการที่ทำให้กระบวนการย่อยสมบูรณ์ และปล่อยสารอาหารต่าง ๆ ไปสู่กระแสเลือดทั่วร่างกาย

เอนไซม์ที่ได้จากน้ำคั้นผัก-ผลไม้ กับที่ได้จากผักและผลไม้โดยไม่ได้คั้นออกมา จะเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร

เอนไซม์จากการคั้นผัก-ผลไม้ พร้อมกับสารอาหารต่าง ๆ ร่างกายสามารถนำไปใช้ได้ภายใน 15 นาที ส่วนเอนไซม์ที่ได้จากการเคี้ยวผักและผลไม้โดยตรงนั้น กว่าเอนไซม์จะถูกแยกจากอาหารและนำไปใช้ได้ก็กินเวลานานถึง 4 ชั่วโมง

เอนไซม์ที่ร่างกายสร้างขึ้นมาตามธรรมชาติ

ถ้าเรามีปัญหาเกี่ยวกับการย่อยอาหาร เช่น ท้องอืด แน่นท้อง เรอบ่อย ๆ นั่นเป็นเพราะการย่อยอาหารไม่ดี หรือมีเอนไซม์ในร่างกายไม่เพียงพอ เพราะไม่ได้กินของสด ๆ เพียงพอ จึงจำเป็นต้องหาเอนไซม์ภายนอกเสริม คือ ต้องได้จากผักสด ผลไม้สด ดังที่กล่าวมาแล้ว

เอนไซม์ในร่างกายประกอบด้วย เอนไซม์ย่อยโปรตีน คาร์โบไฮเดรต และไขมัน ในน้ำลายของเรามีเอนไซม์ที่ย่อยคาร์โบไฮเดรตมีชื่อว่า "อะไมเลส" ให้สังเกตว่า เมื่อเราเคี้ยวข้าวนาน ๆ รสของข้าวก็จะหวานขึ้น ๆ เพราเอนไซม์จะหลั่งตลอดเวลาที่เคี้ยวอาหาร แล้วย่อยแป้งในข้าวให้กลายเป็นน้ำตาลที่มีโมเลกุลเล็กกว่า แม้จะกินข้าวเปล่าก็อร่อยได้ค่ะ เอนไซม์ที่ย่อยโปรตีนมีชื่อว่า "โปรทีเอส" และเอนไซม์ที่ย่อยไขมันมีชื่อว่า "ลิเปส"

เอนไซม์ช่วยย่อยโปรตีน แป้ง และไขมัน ที่มีจำหน่ายทั่วไป คือ เอนไซม์ตับอ่อน โดยรับประทานหลังอาหารทันที

คุณรู้ไหมว่า ทำไมเวลาโกรธหรือเครียด เราจึงไม่อยากอาหาร ก็เพราะเวลาอารมณ์เครียดโกรธ หรือเศร้า กรดไฮโดรคลอริกหรือเอนไซม์ก็จะไม่หลั่ง ทำให้ไม่อยากอาหาร แต่เวลาอารมณ์ดี สดชื่นรื่นเริง สารช่วยย่อยและกรดไฮโดรคลอริกก็จะเริ่มหลั่งในกระเพาะอาหาร จะกินอะไรก็อร่อยไปหมด

คนสูงอายุเบื่ออาหารเพราะอะไร เพราะความสามารถในการผลิตเอนไซม์ของคนสูงอายุเชื่องช้าลง ปริมาณเอนไซม์ในร่างกายก็น้อยลง ทำให้ร่างกายได้รับสารอาหารจากอาหารที่รับประทานได้น้อยลง ในที่สุดสุขภาพก็ทรุดโทรม โรคต่าง ๆ ก็ตามมา ดังนั้น จึงจำเป็นต้องหาวิธีเพิ่มเอนไซม์จากภายนอก ด้วยการใช้สารช่วยย่อยที่มีจำหน่อยอยู่ทั่วไป ทานน้ำผักสด น้ำผลไม้สด ทั้งก่อนและหลังอาหาร อย่างน้อยควรให้ได้วันละ 30% ของอาหารที่รับประทาน ถ้าไม่เจ็บป่วยอะไร แต่ถ้าสุขภาพไม่ค่อยดี ก็ให้รับประทานมากขึ้น

ในคอลัมน์ "อาหารสุขภาพ" ของฉบับนี้ ได้นำเสนอเรื่องของการทำน้ำคั้นผัก-ผลไม้ เพื่อนำเอนไซม์ในนั้นมาใช้ประโยชน์ ในการย่อยอาหารต่างๆ ที่เรารับประทานเข้าไปด้วย

เอกสารอ้างอิง: บรรณาธิการบริหาร. ความรู้เรื่อง "เอนไซม์". **อาหาร & สุขภาพ**. 17,113(2548): 9-11.

สมบัติของแก๊ส 3 ชนิด

สมบัติของแก๊สออกซิเจน (O_2) คือ ช่วยให้ไฟติด

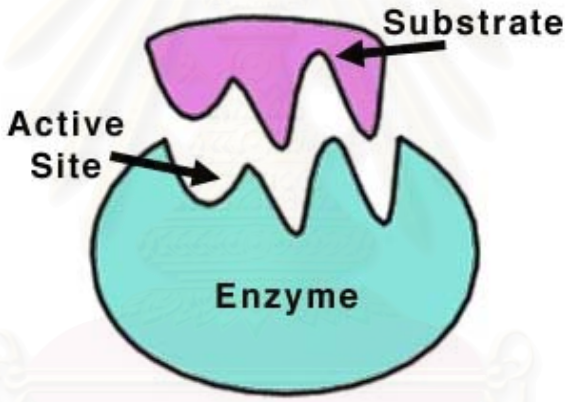
สมบัติของแก๊สไฮโดรเจน (H_2) คือ ติดไฟ

สมบัติของแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ (CO_2) คือ ทำปฏิกิริยากับสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ (น้ำปูนใส) แล้วทำสารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์จะขุ่น

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

สมุดกิจกรรม
การตั้งสมมติฐานนิรนัย

เรื่อง การทำงานของเอนไซม์



เอกสารฉบับนี้เป็นของ

ชื่อ-สกุล .....ชั้น.....เลขที่.....

โรงเรียน .....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ใบแสดงรายชื่อวัสดุ/ อุปกรณ์ และสารเคมีที่จะใช้ในการทดลอง
เรื่อง การทำงานของเอนไซม์

วัสดุ/ อุปกรณ์

1) โกร่ง
2) เครื่องชั่ง
3) กระบอกตวง
4) ตะเกียงแอลกอฮอล์พร้อมที่กั้นลม
5) บีกเกอร์ขนาด 250 cm^3
6) เทอร์มอมิเตอร์พร้อมขาตั้งและที่จับ
7) หลอดทดลองขนาดกลางพร้อมจุกยาง
8) ธูป
9) ไม้ขีดไฟ
10) ที่วางหลอดทดลอง
11) ท่อสายยางใสขนาดเล็ก
12) ผ้าขาวบาง
13) เนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิตที่นำมาศึกษา ได้แก่ ยอดคะน้า ถั่วงอก ขิง ข่า ตะไคร้ ตำลึง ดอกแค แตงกวา แครอท ฝรั่ง แอปเปิ้ล ตับหมู ตับวัว

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

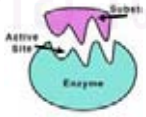
ใบแสดงรายชื่อวัสดุ/ อุปกรณ์ และสารเคมีที่จะใช้ในการทดลอง
เรื่อง การทำงานของเอนไซม์ (ต่อ)

วัสดุ/ อุปกรณ์ (ต่อ)

14) ผ้าขี้ริ้ว
15) ตะกร้าใส่ขยะ
16) กระดาษฟลิปชาร์ต
17) ปากกาเมจิก
18) ไม้บรรทัดขนาด 60 cm
19) กระดาษกาวย่นสีขาว
20) วีดิทัศน์เรื่อง การทำงานของเอนไซม์
21) แผ่นโปร่งใสสรุปเรื่อง การทำงานของเอนไซม์
22) สมุดกิจกรรมการตั้งสมมติฐานนิรนัย (เล่มเล็ก) เรื่อง การทำงานของเอนไซม์

สารเคมี

1) น้ำกลั่น
2) สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) 3%
3) สารละลายแคลเซียมไฮดรอกไซด์ ($Ca(OH)_2$)



สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

การตั้งสมมติฐานนิรนัย
เรื่อง การทำงานของเอนไซม์

<u>ขั้นการศึกษาสำรวจ</u>

1. **สถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้น คือ**

ครูสาธิตการทดลองโดยเทไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ลงในบีกเกอร์ที่มีถั่วงอกบดละเอียดอยู่ และให้นักเรียนสังเกตสิ่งที่เกิดขึ้น

2. **คำถามเชิงหาสาเหตุของสถานการณ์ข้างต้น คือ**

……
……
……
……
……

3. **สมมติฐานของคำถามเชิงหาสาเหตุ คือ**

……
……
……
……

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4. **สิ่งที่จะต้องสังเกตในการทดลอง ถ้าสมมติฐานของนักเรียนเป็นจริง**

……
……
……
……
……
……

5. **นักเรียนจะมีวิธีการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานอย่างไร**

……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……
……

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5.1 ตัวแปรอิสระในการทดลอง คือ

.....

.....

.....

5.2 ตัวแปรตามในการทดลอง คือ

.....

.....

.....

5.3 ตัวแปรควบคุมในการทดลอง คือ

.....

.....

.....

6. นักเรียนจะการนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการทดลองในรูปแบบใด

.....

.....

.....

.....

.....

.....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

7. **ข้อมูลที่ได้จากการทดลอง**

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

8. **สรุปผลที่ได้จากการทดลอง**

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

<u>ขั้นการสร้างมโนทัศน์</u>

1. **คำศัพท์และความรู้เพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์**

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. **มโนทัศน์เกี่ยวกับการทำงานของเอนไซม์ คือ**

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

บันทึกประสบการณ์เดิมเกี่ยวกับการทำงานของเอนไซม์

เอนไซม์มีบทบาทอย่างไรในปฏิกิริยาภายในเซลล์

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

จดแล้วจำ นะจ๊ะ

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แบบประเมินผลการเรียนรู้ชีววิทยา
โดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบประเมินฉบับนี้แบ่งออกเป็น 2 ตอน

   ตอนที่ 1 ประเมินคุณลักษณะนิสัยในการทำงานเป็นกลุ่ม

   ตอนที่ 2 ประเมินสมุดกิจกรรมการตั้งสมมติฐานนิรนัย (เล่มเล็ก)

2. การประเมินคุณลักษณะนิสัยในการทำงานกลุ่ม ให้พิจารณาความสอดคล้องระหว่างพฤติกรรมที่สังเกตได้กับรายการประเมิน แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องระดับคุณภาพของพฤติกรรม

เกณฑ์การประเมินลักษณะนิสัยในการทำงานเป็นกลุ่ม		
5	หมายถึง	ดีมาก
4	หมายถึง	ดี
3	หมายถึง	ปานกลาง
2	หมายถึง	พอใช้
1	หมายถึง	ควรปรับปรุง

3. การประเมินสมุดกิจกรรมการตั้งสมมติฐานนิรนัย (เล่มเล็ก) ให้พิจารณาความสอดคล้องระหว่าง ผลงานของนักเรียนกับรายการลักษณะผลงาน แล้วทำเครื่องหมาย ✓ ลงในช่องประเมินตามระดับ คุณภาพผลงาน

เกณฑ์การประเมินสมุดกิจกรรมการตั้งสมมติฐานนิรนัย (เล่มเล็ก)		
3	หมายถึง	ดี
2	หมายถึง	พอใช้
1	หมายถึง	ต้องปรับปรุง

ผู้ได้รับการประเมิน ชื่อ-สกุล……ชั้น.....เลขที่.....

ผู้ประเมิน ชื่อ-สกุล.....

วัน-เดือน-ปี ที่ประเมิน.....

ตอนที่ 1 ประเมินคุณลักษณะนิสัยในการทำงานเป็นกลุ่ม

รายการประเมิน ลักษณะนิสัยในการทำงานเป็นกลุ่ม	ระดับคุณภาพ				
	5	4	3	2	1
1. การมีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นในการอภิปรายกลุ่ม					
2. การยอมรับความคิดเห็นของผู้อื่น					
3. การมีส่วนร่วมในการทำการทดลอง					
4. ความอุตสาหะ					
5. ความเสียสละ					
6. ความมีน้ำใจ					
7. ความรับผิดชอบต่อหน้าที่					
8. การให้ความร่วมมือในด้านอื่น ๆ					

ตอนที่ 2 ประเมินสมุดกิจกรรมการตั้งสมมติฐานนิรนัย

ขั้นการศึกษาสำรวจ

1. การตั้งคำถามเชิงหาสาเหตุของสถานการณ์ที่ครูกำหนดขึ้น

3	ตั้งคำถามเชิงหาสาเหตุสอดคล้องกับสถานการณ์
2	ตั้งคำถามเชิงหาสาเหตุไม่สอดคล้องกับสถานการณ์
1	ตั้งคำถามเชิงหาสาเหตุของปรากฏการณ์ไม่ได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2. การตั้งสมมติฐานของคำถามเชิงหาสาเหตุ

3	ตั้งสมมติฐานสอดคล้องกับคำถามเชิงหาสาเหตุ
2	ตั้งสมมติฐานไม่สอดคล้องกับคำถามเชิงหาสาเหตุ
1	ตั้งสมมติฐานเป็นแนวคำตอบของคำถามไม่ได้

3. การระบุสิ่งที่จะต้องสังเกตในการทดลอง ถ้าสมมติฐานของนักเรียนเป็นจริง

3	ระบุสิ่งที่จะต้องสังเกตได้สอดคล้องกับสมมติฐานที่กำหนดไว้
2	ระบุสิ่งที่จะต้องสังเกตได้ไม่สอดคล้องกับสมมติฐานที่กำหนดไว้
1	ระบุสิ่งที่จะต้องสังเกตไม่ได้

4. การออกแบบวิธีการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน

3	ออกแบบการทดลองได้ถูกต้อง ครบถ้วน และสอดคล้องกับสมมติฐาน
2	ออกแบบการทดลองได้สอดคล้องกับสมมติฐานแต่ไม่ถูกต้องและไม่ครบถ้วน
1	ออกแบบการทดลองไม่ได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

5. การกำหนดตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม

3		กำหนดตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม ได้ถูกต้อง ครบถ้วน
2		กำหนดตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม ได้ถูกต้อง แต่ไม่ครบถ้วน
1		กำหนดตัวแปรอิสระ ตัวแปรตาม และตัวแปรควบคุม ไม่ถูกต้อง

6. รูปแบบการนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการทดลอง

3		รูปแบบการนำเสนอเหมาะสมกับข้อมูลที่รวบรวมได้
2		รูปแบบการนำเสนอไม่เหมาะสมกับข้อมูลที่รวบรวมได้
1		ออกแบบรูปแบบการนำเสนอข้อมูลไม่ได้

7. การสรุปผลการทดลอง

3		สรุปผลการทดลองได้ถูกต้อง และสอดคล้องกับข้อมูลที่รวบรวมได้
2		สรุปผลการทดลองได้ไม่สอดคล้องกับข้อมูลที่รวบรวมได้
1		สรุปผลการทดลองไม่ได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ขั้นการสร้างมโนทัศน์

1. การระบุคำศัพท์และความรู้เพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของเอนไซม์

3	ระบุคำศัพท์และความรู้เพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้องและครบถ้วน
2	ระบุคำศัพท์และความรู้เพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน
1	ระบุคำศัพท์และความรู้เพิ่มเติมที่เกี่ยวข้องได้ไม่ถูกต้อง

2. การอธิบายมโนทัศน์เกี่ยวกับการทำงานของเอนไซม์

3	อธิบายมโนทัศน์เกี่ยวกับการทำงานของเอนไซม์ได้ถูกต้องและครบถ้วน
2	อธิบายมโนทัศน์เกี่ยวกับการทำงานของเอนไซม์ได้ถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน
1	อธิบายมโนทัศน์เกี่ยวกับการทำงานของเอนไซม์ได้ไม่ถูกต้อง

ขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้

การใช้มโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้อธิบายสถานการณ์ใหม่ที่ครูกำหนดขึ้น

3	อธิบายสถานการณ์ใหม่ที่ครูกำหนดขึ้นได้ถูกต้องและสมบูรณ์
2	อธิบายสถานการณ์ใหม่ที่ครูกำหนดขึ้นได้ถูกต้องบางส่วน
1	อธิบายสถานการณ์ใหม่ที่ครูกำหนดขึ้นไม่ได้

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยวิธีการสอนแบบปกติ
เรื่อง การทำงานของเอนไซม์

เวลา 2 คาบ (100 นาที)

วิชา ชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2

ผู้เขียน นายเกรียงไกร อภัยวงศ์

จุดประสงค์การเรียนรู้

เมื่อเรียนจบบทเรียนแล้ว นักเรียนสามารถ

1. ทดลองเพื่อศึกษาการทำงานของเอนไซม์ได้
2. อธิบายการทำงานของเอนไซม์ได้
3. บอกความสำคัญของเอนไซม์ได้
4. เขียนผังมโนทัศน์เรื่อง เอนไซม์ได้

เนื้อหา/ สาระ

การทำงานของเอนไซม์ หมายถึง การทำงานของเอนไซม์ในปฏิกิริยาการสลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) ภายในเซลล์ โดยเอนไซม์จะทำหน้าที่เร่งการสลายตัวของ H_2O_2 ซึ่งเป็นสารที่เกิดจากกระบวนการเมแทบอลิซึมภายในเซลล์ และเป็นสารอันตรายต่อเซลล์ ให้กลายเป็นน้ำ (H_2O) และแก๊สออกซิเจน(O_2) ทั้งนี้ถ้าไม่มีเอนไซม์การสลายตัวของ H_2O_2 ที่อุณหภูมิห้องจะเกิดช้ามาก

ความสำคัญของเอนไซม์

1. ช่วยสลายสารไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ ที่เป็นอันตรายต่อเซลล์
2. ช่วยลดพลังงานก่อกัมมันต์ในการเกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ ภายในเซลล์ ทำให้ปฏิกิริยาเกิดได้เร็วขึ้น

สื่อการเรียนรู้/ แหล่งการเรียนรู้

วัสดุ/ อุปกรณ์

1) เครื่องชั่ง
2) โกร่ง 1 ใบ/ กลุ่ม
3) กระบอกตวง 1 อัน/ กลุ่ม
4) ตะเกียงแอลกอฮอล์พร้อมที่กั้นลม 1 ชุด/ กลุ่ม
5) บีกเกอร์ขนาด 250 cm^3 2 ใบ/ กลุ่ม
6) เทอร์มอมิเตอร์พร้อมขาตั้งและที่จับ 1 อัน/ กลุ่ม
7) หลอดทดลองขนาดกลางพร้อมจุกยาง 3 หลอด/ กลุ่ม
8) ที่วางหลอดทดลอง 1 อัน/ กลุ่ม
9) ผ้าขาวบาง 1 ผืน/ กลุ่ม
10) เนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิตที่นำมาศึกษา ได้แก่ ยอดคะน้า ถั่วงอก ขิง ตำลึง แตงกวา แอปเปิ้ล ตับหมู ตับวัว
11) ผ้าขี้ริ้ว 1 ผืน/ กลุ่ม
12) ตะกร้าใส่ขยะ 1 ใบ/ กลุ่ม
13) กระดาษฟลิปชาร์ต 1 แผ่น/ กลุ่ม
14) ปากกาเมจิก 3 ด้าม/ กลุ่ม
15) ไม้บรรทัดขนาด 60 cm 1 อัน/ กลุ่ม
16) กระดาษกาวย่นสีขาวม้วนเล็ก 1 ม้วน/ กลุ่ม
17) วีดิทัศน์เรื่อง การทำงานของเอนไซม์

สารเคมี

1) น้ำกลั่น
2) สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ (H_2O_2) 3%

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

กิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นนำ

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยการทบทวนมโนทัศน์เกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีภายในร่างกายของสิ่งมีชีวิตที่นักเรียนได้เรียนรู้ไปแล้ว จากนั้นครูให้นักเรียนสังเกตมะนาวผ่าซีก และมะม่วงดองที่ครูเตรียมมา

2. ครูถามคำถามต่อไปนี้

1) สิ่งที่เกิดขึ้นกับนักเรียนเมื่อเห็นของเหล่านี้คือ อะไร ***(น้ำลายสอ/ น้ำลายไหล)***

2) ส่วนประกอบของน้ำลายมีอะไรบ้าง ***(ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนทุกคนตอบ จนกระทั่งนักเรียนตอบว่า ในน้ำลายมีเอนไซม์อะไมเลส)***

3) เอนไซม์คืออะไร ***(อินทรียสารจำพวกโปรตีนที่เซลล์ของสิ่งมีชีวิตสร้างขึ้น ทำหน้าที่เป็นตัวกระตุ้น (catalyst) ให้เกิดปฏิกิริยาเคมีภายในเซลล์ ซึ่งหลังจากเกิดปฏิกิริยาแล้วเอนไซม์จะไม่เปลี่ยนสภาพและมีคุณสมบัติเหมือนเดิม)***

4) เอนไซม์ของสิ่งมีชีวิตที่นักเรียนรู้จักมีชื่ออะไรบ้าง แต่ละเอนไซม์มีบทบาทหน้าที่อย่างไร

3. ครูทบทวนประสบการณ์เดิมเกี่ยวกับบทบาทของเอนไซม์ในสิ่งมีชีวิตโดยให้นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4 คน คละตามความสามารถทำงานร่วมกัน โดยตอบคำถามว่า เอนไซม์มีบทบาทหน้าที่อย่างไรในปฏิกิริยาภายในเซลล์ และให้นักเรียนเขียนบันทึกคำตอบลงกระดาษขนาด A5 ครูแจกให้

4. ครูเสนอปัญหาที่ต้องการศึกษา คือ การทำงานของเอนไซม์เป็นอย่างไร

ขั้นกิจกรรมการเรียนรู้

ขั้นอภิปรายก่อนการทดลอง

1. ครูบอกจุดประสงค์ของการทดลอง ***(เพื่อศึกษาการทำงานของเอนไซม์)***

2. ครูและนักเรียนร่วมกันตั้งสมมติฐานคือ ***(เอนไซม์ทำงานโดยการเร่งปฏิกิริยา)***

3. ครูแนะนำวัสดุอุปกรณ์ที่จะใช้ในการทดลอง พร้อมทั้งทบทวนหน้าที่ของวัสดุอุปกรณ์แต่ละชนิด

4. ครูอธิบายขั้นตอนการทดลองตามที่กำหนดในหนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐานและเพิ่มเติมชีววิทยา เล่ม 1 (กิจกรรมที่ 3.2) พร้อมทั้งสาธิตการบดเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิตโดยใช้โกร่งเพื่อให้ได้น้ำสกัดจากเนื้อเยื่อนั้น ๆ ดังนี้

4.1 ใส่เนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิตที่ต้องการบดปริมาณ 20 กรัมลงในโกร่ง

4.2 บดเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิตด้วยอุปกรณ์ที่มีลักษณะคล้ายสากขนาดเล็กให้ละเอียด

4.3 เติมน้ำกลั่น 20 cm^3 ลงในโกร่ง แล้วคนให้เข้ากัน

4.4 เทสารเนื้อผสมที่ได้ลงในบีกเกอร์ที่มีผ้าขาวบางรองอยู่โดยให้ปลายผ้าขาวบางอยู่พ้นขอบปากบีกเกอร์

4.4 รวบปลายผ้าขาวบาง แล้วบีบคั้นให้ของเหลวผ่านผ้าขาวบางลงในบีกเกอร์

5. ครูบอกให้นักเรียนบันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผลที่ครูกำหนดให้ในใบงาน

ขั้นทดลอง

1. ครูแจกวัสดุอุปกรณ์การทดลอง พร้อมทั้งกำหนดเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิตที่จะต้องศึกษาให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม

2. นักเรียนปฏิบัติการทดลองตามขั้นตอนที่ระบุในหนังสือเรียนและบันทึกผลตามที่ครูกำหนด

ขั้นอภิปรายหลังการทดลอง

นักเรียนแต่ละกลุ่มเสนอผลการทดลอง

ตัวอย่างผลการทดลอง

ตาราง ผลการเปลี่ยนแปลงของไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เมื่อเติมสารต่าง ๆ

หลอดทดลอง	ผลการเปลี่ยนแปลง
1. สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ + น้ำขิงคั้นสด	เกิดฟองแก๊สฟู่มากมาย
2. สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ + น้ำขิงคั้นต้มสุก	เกิดฟองแก๊สฟู่เล็กน้อย/ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง
3. สารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ + น้ำกลั่น	ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

ผลการทดลองสรุปได้ว่า เมื่อเติมน้ำขิงคั้นสดลงในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เกิดฟองแก๊สฟู่มากมาย แต่เมื่อเติมน้ำขิงคั้นต้มสุกลงในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์เกิดฟองแก๊สฟู่เล็กน้อย และเมื่อเติมน้ำกลั่นลงในสารละลายไฮโดรเจนเปอร์ออกไซด์ไม่เกิดการเปลี่ยนแปลง

ขั้นสรุป

ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผล โดยใช้แนวคำถามที่กำหนดในหนังสือเรียน ดังต่อไปนี้

1) การทดลองในหลอดที่ 2 เหตุใดจึงต้องนำของเหลวที่คั้นจากเนื้อเยื่อสิ่งมีชีวิตที่บดแล้วไปต้มจนถึงอุณหภูมิ 60-70 °C ***(เพื่อทำลายเอนไซม์ เพราะเอนไซม์จะถูกทำลายโดยความร้อนที่อุณหภูมิเกิน 60 °C)***

2) สังเกตเห็นความแตกต่างที่เกิดขึ้นในหลอดทดลองทั้งสามหลอดอย่างไรบ้าง จะอธิบายผลการทดลองนี้ว่าอย่างไร ***(ให้นักเรียนตอบตามที่นักเรียนสังเกตได้ แต่ควรเป็นดังผลการทดลองในตารางข้างต้น จากการทดลองแสดงว่า ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตมีสารอย่างอย่างที่เร่งปฏิกิริยาการสลายตัวของไฮโดรเปอร์ออกไซด์ เกิดเป็นแก๊สอย่างรวดเร็ว จึงอาจเป็นไปได้ว่าสารดังกล่าวเป็นเอนไซม์)***

3) แก๊สที่เกิดขึ้นเป็นแก๊สอะไร แล้วจะทดสอบแก๊สดังกล่าวได้อย่างไร ***(แก๊สที่เกิดขึ้นเป็นแก๊สออกซิเจน ทดสอบได้โดยใช้ก้านธูปหรือก้านไม้ขีดที่ติดไฟแล้วดับเปลวไฟเหลือเฉพาะ ถ่านแดง ๆ จ่อเข้าไปในหลอดทดลอง ถ้าถ่านธูปสีแดงวาบขึ้นแสดงว่าเป็นแก๊สออกซิเจน)***

4) นักเรียนจะสรุปผลการทดลองนี้ ว่าอย่างไร ***(ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตทั้งพืชและสัตว์ จะมีเอนไซม์ที่ทำหน้าที่เร่งปฏิกิริยาให้เกิดเร็วขึ้น และเอนไซม์ถูกทำลายที่อุณหภูมิสูง)***

การวัดและประเมินผล

1. สังเกตความตั้งใจในการแสดงออกถึงบทบาท และการมีส่วนร่วมในการอภิปรายกลุ่ม
2. ประเมินผลผลิต
   2.1 ใบประเมินรูปแบบการนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการทดลอง
   2.2 ผังมโนทัศน์เรื่อง เอนไซม์

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ภาคผนวก ง
คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. คุณภาพของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์
2. คุณภาพของแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.75	0.67
2	0.63	0.33
3	0.51	0.47
4	0.47	0.47
5	0.35	0.40
6	0.49	0.40
7	0.59	0.40
8	0.47	0.40
9	0.53	0.47
10	0.47	0.40
11	0.80	0.33
12	0.57	0.47
13	0.76	0.40
14	0.22	0.27
15	0.35	0.53
16	0.41	0.53
17	0.59	0.47
18	0.65	0.53
19	0.61	0.73
20	0.37	0.47
21	0.27	0.47
22	0.45	0.53
23	0.31	0.33
24	0.51	0.40
25	0.43	0.27
26	0.69	0.73
27	0.33	0.33

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 7 (ต่อ)

ข้อที่	ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
28	0.22	0.40
29	0.51	0.27
30	0.69	0.80
31	0.61	0.67
32	0.39	0.33
33	0.63	0.60
34	0.43	0.40
35	0.24	0.20
36	0.49	0.27
37	0.33	0.20
38	0.24	0.27
39	0.31	0.33
40	0.35	0.33
41	0.27	0.33
42	0.31	0.27
43	0.39	0.27
44	0.33	0.47
45	0.39	0.27
46	0.37	0.40
47	0.33	0.27
48	0.35	0.33
49	0.39	0.33
50	0.37	0.60

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8 ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นรายข้อของแบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง เอนไซม์และเซลล์ของสิ่งมีชีวิต

ข้อที่	ส่วนข้อคำถาม		ส่วนเหตุผล	
	ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
1	0.52	0.59	0.48	0.59
2	0.54	0.51	0.30	0.53
3	0.30	0.39	0.24	0.39
4	0.28	0.25	0.52	0.39
5	0.54	0.38	0.54	0.53
6	0.32	0.73	0.36	0.39
7	0.52	0.51	0.32	0.25
8	0.54	0.38	0.42	0.45
9	0.36	0.39	0.38	0.60
10	0.38	0.60	0.34	0.39
11	0.44	0.45	0.34	0.25
12	0.48	0.46	0.62	0.44
13	0.36	0.46	0.58	0.44
14	0.44	0.38	0.42	0.45
15	0.58	0.50	0.68	0.50
16	0.50	0.31	0.30	0.40
17	0.54	0.58	0.42	0.39
18	0.68	0.36	0.56	0.64
19	0.58	0.58	0.66	0.37
20	0.38	0.39	0.38	0.39
21	0.46	0.44	0.48	0.38
22	0.40	0.33	0.38	0.32
23	0.42	0.86	0.46	0.93
24	0.48	0.45	0.48	0.51
25	0.34	0.32	0.38	0.24

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ตารางที่ 8 (ต่อ)

ข้อที่	ส่วนข้อคำถาม		ส่วนเหตุผล	
	ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)	ค่าความยากง่าย (P)	ค่าอำนาจจำแนก (r)
26	0.20	0.33	0.32	0.32
27	0.42	0.39	0.36	0.32
28	0.38	0.30	0.26	0.32
29	0.34	0.31	0.40	0.40
30	0.48	0.38	0.42	0.52

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายเกรียงไกร อภัยวงศ์ เกิดวันที่ 9 มิถุนายน พ.ศ. 2523 ภูมิลำเนา จังหวัดสุพรรณบุรี สำเร็จการศึกษาปริญญาครุศาสตรบัณฑิต ภาควิชามัธยมศึกษา วิชาเอกวิทยาศาสตร์ทั่วไป/ ชีววิทยา (เกียรตินิยมอันดับหนึ่ง เหรียญทอง) คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2545 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2546 โดยได้รับทุนอุดหนุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อเฉลิมฉลองในวโรกาสที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวทรงเจริญพระชนมายุครบ 72 พรรษา ประจำปีการศึกษา 2546 ของบัณฑิตวิทยาลัย ตลอดหลักสูตรการศึกษา

สถาบันวิทยบริการ
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย