ผลของการใช้แนวคิดสะตีมศึกษาในวิชาชีววิทยาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

นางสาวสมรัก อินทวิมลศรี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย
The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2560
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF USING STEAM EDUCATION APPROACH IN BIOLOGY ON SCIENTIFIC CREATIVITY AND LEARNING ACHIEVEMENT OF TENTH GRADE STUDENTS

Miss Somrak Intavimolsri

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education Program in Science Education
Department of Curriculum and Instruction
Faculty of Education
Chulalongkorn University
Academic Year 2017

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการใช้แนวคิดสะตีมศึกษาในวิชาชีววิทยาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
โดย	นางสาวสมรัก อินทวิมลศรี
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิพร ภัทรดิลกรัตน์

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญามหาบัณฑิต

.....คณบดีคณะครุศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิพร ภัทรดิลกรัตน์)

.....กรรมการ

(อาจารย์ ดร.สายรุ้ง ชาวสุภา)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สมรัก อินทวิมลศรี : ผลของการใช้แนวคิดสะตีมศึกษาในวิชาชีววิทยาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (EFFECTS OF USING STEAM EDUCATION APPROACH IN BIOLOGY ON SCIENTIFIC CREATIVITY AND LEARNING ACHIEVEMENT OF TENTH GRADE STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร.สกลรัชต์ แก้วดี, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: ผศ. ดร.สิทธิพร ภัทรดิลกรัตน์, 171 หน้า.

การวิจัยมีวัตถุประสงค์เพื่อ (1) ศึกษาระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษา (2) เปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษา และ (3) ศึกษาระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษา กลุ่มเป้าหมายการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2559 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร การวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น มีรูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน มีการเก็บข้อมูลความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน และเก็บข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ (1) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (2) แบบประเมินการออกแบบผลงาน และแบบประเมินผลงาน สำหรับประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการ และ (3) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบทีแบบไม่อิสระ

ผลการศึกษาสรุปได้ดังนี้

1) นักเรียนที่เรียนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษามีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนอยู่ในระดับดีขึ้นไป

2) นักเรียนที่เรียนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษามีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนไม่แตกต่างกัน

3) นักเรียนที่เรียนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนอยู่ในระดับปานกลาง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาควิชา หลักสูตรและการสอน ลายมือชื่อนิสิต .....

สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์ ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

ปีการศึกษา 2560 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม .....

5883438027 : MAJOR SCIENCE EDUCATION
KEYWORDS: STEAM EDUCATION APPROACH / SCIENTIFIC CREATIVITY / LEARNING ACHIEVEMENT

SOMRAK INTAVIMOLSRI: EFFECTS OF USING STEAM EDUCATION APPROACH IN BIOLOGY ON SCIENTIFIC CREATIVITY AND LEARNING ACHIEVEMENT OF TENTH GRADE STUDENTS. ADVISOR: SAKOLRAT KAEWDEE, Ph.D., CO-ADVISOR: ASST. PROF. SITTIPORN PATTARADILOKRAT, Ph.D., 171 pp.

Purposes of this research were to (1) investigate level of students' scientific creativity after learning biology through STEAM Education approach (2) compare students' scientific creativity before and after learning biology through STEAM Education approach and (3) determine level of students' learning achievement in biology after learning through STEAM Education approach. The target group was tenth grade students of the academic year 2016 from a special large secondary school in Bangkok. The design of this pre-experimental research was one group pretest-posttest design. The students' scientific creativity was evaluated before and after the instruction, while students' achievement in biology was only evaluated after the instruction. The research instruments were (1) scientific creativity test (2) product design and product evaluation forms for scientific creativity performance assessment and (3) achievement test in biology. The collected data were analyzed by mean, percentage mean, standard deviation, and dependent *t*-test.

The research findings were summarized as follows:

1) Scientific creativity of these students was rated at good level and above.

2) There was no significant difference of the students' scientific creativity between before and after using the STEAM Education approach in biology.

3) Students' achievement in biology was rated at medium level.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Department:	Curriculum and Instruction	Student's Signature	.....
Field of Study:	Science Education	Advisor's Signature	.....
Academic Year:	2017	Co-Advisor's Signature	.....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยดีเนื่องจากได้รับความเมตตากรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อาจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิพร ภัทรดิลกรัตน์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้กรุณาให้คำปรึกษา ให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์และมีคุณค่าอย่างยิ่งต่อการวิจัย ตลอดจนสนับสนุนสถานที่ทำวิทยานิพนธ์ ดูแลติดตามและให้กำลังใจในการทำงานเสมอมา ทำให้ตลอดระยะเวลาที่ทำการศึกษาเป็นช่วงเวลาที่มีคุณค่าและมีความสุขอย่างยิ่ง ข้าพเจ้ารู้สึกซาบซึ้งที่ได้มีโอกาสทำวิทยานิพนธ์ร่วมกับท่านอาจารย์ทั้งสอง ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร. สายรุ้ง ชาวสุภา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้ความเมตตา ตรวจสอบและให้คำแนะนำในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์ยิ่งขึ้น อีกทั้งให้กำลังใจในการทำวิทยานิพนธ์โดยตลอด ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณท่านอาจารย์เป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านซึ่งได้แก่ อาจารย์เพ็ชรรัตน์ ศรีวิลัย อาจารย์ ดร.ชอบ ลีซอ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพมณี เชื้อวัชรินทร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงแข สิทธิเจริญชัย และผู้ช่วยศาสตราจารย์น้ำผึ้ง ศุภอุทุมพร ที่ได้เสียสละเวลาอันมีค่าในการตรวจสอบเพื่อพัฒนาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และให้ข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ในการทำวิทยานิพนธ์ในครั้งนี้

ขอขอบพระคุณคณะผู้บริหาร และคณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี) ที่ให้ความร่วมมือและอำนวยความสะดวกในการวิจัยเป็นอย่างดีตลอดระยะเวลาดำเนินการจนลุล่วง รวมถึงขอขอบคุณนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายและกลุ่มทดลองใช้เครื่องมือในการวิจัยครั้งนี้ โดยให้ความร่วมมือและตั้งใจทำกิจกรรมเป็นอย่างดี

เหนือสิ่งอื่นใด ข้าพเจ้าขอขอบพระคุณบิดามารดาเป็นอย่างสูงที่กรุณาส่งเสริมการศึกษาและเป็นกำลังใจให้ตลอดมา ขอขอบพระคุณครูอาจารย์ทุกท่านที่เคยอบรมสั่งสอนทุกระดับการศึกษา ขอขอบคุณเพื่อนนิสิตสาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ทุกชั้นปีและเพื่อนต่างสถาบันที่คอยเป็นกำลังใจให้ความช่วยเหลือและร่วมฟันฝ่าอุปสรรค์ต่าง ๆ มาด้วยกันเสมอมา และขอขอบพระคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่สนับสนุนทุนการศึกษาจากโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ให้แก่ข้าพเจ้า ทำให้สามารถดำเนินการจัดทำวิทยานิพนธ์จนสำเร็จลุล่วงมาได้ในที่สุด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... จ
กิตติกรรมประกาศ ..... ฉ
สารบัญ ..... ช
สารบัญตาราง ..... ญ
สารบัญแผนภาพ ..... ฑ
บทที่ 1 บทนำ 1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1
คำถามการวิจัย 5
วัตถุประสงค์ของการวิจัย 5
สมมติฐานการวิจัย 5
ขอบเขตของการวิจัย 6
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย 6
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9
1. แนวคิดสะตีมศึกษา 10
1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของสะตีมศึกษา 10
1.2 ความหมายของสะตีมศึกษา 11
1.3 องค์ประกอบของสะตีมศึกษา 12
1.4 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนสะตีมศึกษา 14
1.5 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนสำหรับแนวคิดสะตีมศึกษา 15
2. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 21
2.1 ความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 21

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

2.2 ความหมายและองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 22
2.3 แนวทางการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 24
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา 34
3.1 ความสำคัญและความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 34
3.2 ด้านพฤติกรรมของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 35
3.3 แนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา 36
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 43
5. กรอบแนวคิดในการวิจัย 48
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 49
1. รูปแบบของการวิจัย 49
2. การกำหนดกลุ่มเป้าหมาย 50
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 51
4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล 72
5. การวิเคราะห์ข้อมูล 73
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 75
ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 75
ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียน 84
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 87
รายการอ้างอิง 96
ภาคผนวก 103
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ 105
ภาคผนวก ข ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง 106
ภาคผนวก ค ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้การเก็บรวบรวมข้อมูล 123

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หน้า

ภาคผนวก ง คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 151

ภาคผนวก จ ภาพกิจกรรมการเรียนการสอน 165

ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างผลงานนักเรียน 168

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์ 171

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญตาราง

		หน้า
ตารางที่ 2.1	ตารางแสดงการวิเคราะห์กิจกรรมการเรียนการสอนของแนวทางการจัดการเรียนการสอนสำหรับแนวคิดสะตีมศึกษา.....	19
ตารางที่ 2.2	ตัวอย่างข้อคำถามและเกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Hu & Adey, 2002).....	27
ตารางที่ 2.3	ตัวอย่างข้อคำถามและเกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Aktamis et al, 2005).....	29
ตารางที่ 2.4	รูบริคประเมินการออกแบบการแก้ปัญหาสวนสาธาณะ (Clary et al., 2011).....	32
ตารางที่ 2.5	รูบริคเกณฑ์การประเมินความคิดสร้างสรรค์จากคุณลักษณะผลงาน (Yang et al., 2016).....	33
ตารางที่ 2.6	ตารางแสดงระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2553)	37
ตารางที่ 3.1	โครงสร้างของแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วยโดยใช้การจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่อง ระบบย่อยอาหาร การสลายสารอาหารระดับเซลล์ การสืบพันธุ์ และการเจริญเติบโตขอสัตว์.....	53
ตารางที่ 3.2	ลำดับแผนการจัดการเรียนรู้ หัวข้อ จำนวนคาบเรียน สถานการณ์และความรู้และทักษะที่ใช้สร้างผลงานของหน่วยการเรียนรู้เรื่อง ระบบย่อยอาหาร.....	54
ตารางที่ 3.3	ลำดับแผนการจัดการเรียนรู้ หัวข้อ จำนวนคาบเรียน สถานการณ์และความรู้และทักษะที่ใช้สร้างผลงานของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์.....	55
ตารางที่ 3.4	ลำดับแผนการจัดการเรียนรู้ หัวข้อ จำนวนคาบเรียน สถานการณ์และความรู้และทักษะที่ใช้สร้างผลงานของหน่วยการเรียนรู้เรื่อง การสืบพันธุ์.....	56
ตารางที่ 3.5	ลำดับแผนการจัดการเรียนรู้ หัวข้อ จำนวนคาบเรียน สถานการณ์และความรู้และทักษะที่ใช้สร้างผลงานของหน่วยการเรียนรู้เรื่อง การเจริญเติบโตของสัตว์.....	57

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.6 องค์ประกอบและตัวชี้วัดพฤติกรรมของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์..... 60
ตารางที่ 3.7 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Aktamis et al., 2005; Torrance, 1992)..... 61
ตารางที่ 3.8 ช่วงคะแนนร้อยละและระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์..... 62
ตารางที่ 3.9 ตารางแสดงพฤติกรรมที่ต้องการวัดและตัวชี้วัดพฤติกรรม ตามหลักของ Klopfer (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข, 2548)..... 68
ตารางที่ 3.10 จำนวนข้อของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาในแต่ละหน่วยการเรียนรู้..... 69
ตารางที่ 3.11 ตารางแสดงระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา 71
ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และระดับของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจากการตอบแบบวัด (n=19)..... 76
ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และระดับของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจากการประเมินการออกแบบผลงาน (n=19)..... 76
ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และระดับของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจากการประเมินผลงาน (n=19) 77
ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าทีของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวเทียบกับเกณฑ์ (One sample *t*-test) ของคะแนนรวมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จากแบบวัดแบบประเมินการออกแบบผลงาน และแบบประเมินผลงาน..... 78
ตารางที่ 4.5 จำนวนและร้อยละของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในแต่ละระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จากการตรวจแบบวัด การออกแบบผลงาน และการจัดทำผลงาน (n=19)..... 78
ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และระดับของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย..... 81

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.7 ความแตกต่างของจำนวนและร้อยละของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในแต่ละระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน (n=19)..... 82
ตารางที่ 4.8 จำนวนและร้อยละของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายแต่ละระดับความสามารถในองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน (n=19)..... 83
ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าทีของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวเทียบกับเกณฑ์ (One sample *t*-test) จากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย (n=19)..... 85
ตารางที่ 4.10 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังเรียน (n=19)..... 85
ตารางที่ 4.11 จำนวนและร้อยละของนักเรียนในแต่ละระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน..... 86
ตารางที่ 6.1 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์..... 134
ตารางที่ 6.2 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ฉบับก่อนเรียน..... 152
ตารางที่ 6.3 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ฉบับหลังเรียน..... 152
ตารางที่ 6.4 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์รายข้อ..... 153
ตารางที่ 6.5 ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์..... 154
ตารางที่ 6.6 ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบประเมินการออกแบบผลงาน..... 155
ตารางที่ 6.7 ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินของแบบประเมินการออกแบบผลงาน..... 155
ตารางที่ 6.8 ผลตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบประเมินผลงาน..... 156
ตารางที่ 6.9 ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินของแบบประเมินผลงาน..... 156

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.10 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา..... 157
ตารางที่ 6.11 ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยารายข้อ..... 158

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญแผนภาพ

		หน้า
แผนภาพที่ 3.1	รูปแบบการวิจัยแบบ One Group Pretest-Posttest Design.....	49
แผนภาพที่ 4.1	ตัวอย่างผลงานของนักเรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระดับดีมาก จากแบบวัด การประเมินการออกแบบผลงาน และการประเมินผลงาน (นักเรียนคนที่ 19).....	79
แผนภาพที่ 4.2	ตัวอย่างผลงานของนักเรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระดับดีมาก จากการประเมินผลงาน (นักเรียนคนที่ 8).....	80
แผนภาพที่ 6.1	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความคิดยืดหยุ่นระดับดีมาก.....	137
แผนภาพที่ 6.2	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความคิดยืดหยุ่นระดับดี.....	138
แผนภาพที่ 6.3	ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความคิดยืดหยุ่นระดับพอใช้.....	138
แผนภาพที่ 6.4	นักเรียนสืบค้นและอภิปรายข้อมูลหลังจากวิเคราะห์สถานการณ์ร่วมกัน.....	166
แผนภาพที่ 6.5	นักเรียนลงมือสร้างผลงานของกลุ่มตนเองหลังจากทำการออกแบบผลงาน.....	166
แผนภาพที่ 6.6	นักเรียนนำเสนอชิ้นงานของกลุ่มตนเอง ตอบข้อสงสัยและรับฟังข้อเสนอแนะจากเพื่อนร่วมชั้นเพื่อปรับปรุงผลงาน.....	167
แผนภาพที่ 6.7	นักเรียนสรุปข้อเสนอแนะที่ตนเองได้รับและแนวทางปรับปรุงแก้ไขที่จะนำไปปรับปรุงผลงานให้ดีขึ้น.....	167
แผนภาพที่ 6.8	ตัวอย่างผลงานอุปกรณ์การส่องตรวจลำไส้ใหญ่ด้วยกล้องที่นักเรียนจัดทำในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ระบบย่อยอาหาร.....	169
แผนภาพที่ 6.9	ตัวอย่างผลงานการอบขนมปังที่นักเรียนจัดทำในหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การสลายอาหารระดับเซลล์.....	169
แผนภาพที่ 6.10	ตัวอย่างผลงานห่วงอนามัยที่นักเรียนจัดทำในหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การสืบพันธุ์.....	170
แผนภาพที่ 6.11	ตัวอย่างผลงานเครื่องฟักไข่ที่นักเรียนจัดทำในหน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การเจริญเติบโตของสัตว์.....	170

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

ความคิดสร้างสรรค์เป็นทักษะการคิดอย่างหนึ่งที่จำเป็นต่อการปลูกฝังพลเมืองของประเทศเพื่อตอบสนองต่อโลกยุคใหม่ที่มุ่งเน้นธุรกิจการค้าและการสร้างนวัตกรรมซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงและการแข่งขันสูง ทักษะดังกล่าวส่งเสริมให้บุคคลรู้จักมองสิ่งรอบตัวและนำความรู้มาใช้พัฒนาผลิตภัณฑ์ให้เป็นสิ่งใหม่แตกต่างจากเดิมได้อย่างเหมาะสม ด้วยเหตุนี้ความคิดสร้างสรรค์จึงเป็นหนึ่งในทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ที่ควรพัฒนาให้แก่เยาวชน (Partnership for 21st Century Skills, 2015) และเป็นหนึ่งในทักษะที่ประเทศไทยมีความต้องการ ดังจะเห็นได้จากนโยบาย Thailand 4.0 ซึ่งเป็นนโยบายทางเศรษฐกิจที่ระบุว่า ประเทศไทยจะสามารถเปลี่ยนแปลงจากประเทศที่มีรายได้ระดับปานกลางสู่ประเทศที่มีรายได้สูงจากการสร้างนวัตกรรมได้นั้น ต้องอาศัยกำลังคนที่มีคุณสมบัติการจัดการวัตถุดิบและทรัพยากร มีการทำงานอย่างเป็นระบบ มีจินตนาการที่แปลกใหม่ และใช้สื่อมัลติมีเดียได้ (Boric, 2017) สอดคล้องกับ ไพฑูรย์ สินลารัตน์ (2558) ที่กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์เป็นทักษะหนึ่งที่คนไทยควรพัฒนา นอกจากนี้ วิวรรณ สารกิจปรีชา (2550) ผู้เชี่ยญชาญด้านการส่งเสริมการเรียนรู้ของนักเรียนให้มีความคิดสร้างสรรค์ กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ไม่ได้ปรากฏให้เห็นเฉพาะในดนตรี ศิลปะ หรือผลงานการเขียนเท่านั้น แต่ปรากฏให้เห็นได้ในทุกรายวิชาที่มีกำหนดในหลักสูตร แม้ในวิชาวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนแสดงความคิดสร้างสรรค์ผ่านการทดลองและการแก้ปัญหาด้วยวิธีที่หลากหลายด้วยตัวนักเรียนเอง ดังนั้นแนวคิดทางการศึกษาของไทยจึงจำเป็นต้องพัฒนาให้นักเรียนไม่เป็นเพียงผู้บริโภคนิยม แต่ต้องเป็นบุคคลที่มีทักษะการคิดสร้างสรรค์นำไปสู่การผลิตและคิดนวัตกรรมเพื่อนำไปพัฒนาประเทศในอนาคต

ประเทศสหรัฐอเมริกาเป็นหนึ่งในประเทศที่ต้องการพัฒนาพลเมืองให้มีความคิดสร้างสรรค์เพื่อสร้างนวัตกรรมสำหรับพัฒนาประเทศให้แข่งขันทางเศรษฐกิจในระดับโลก เนื่องจากประเทศสหรัฐอเมริกามีอันดับการเป็นผู้นำทางนวัตกรรมของโลกลดลงจากอันดับที่ 3 เป็นอันดับที่ 8 นอกจากนี้ยังขาดแคลนนักศึกษาที่มีความคิดสร้างสรรค์และสร้างนวัตกรรมได้ รวมถึงขาดกำลังคนด้านสะเต็ม (STEM) ได้แก่ วิศวกร นักสำรวจ แพทย์ สถาปนิก ทันตแพทย์ และพยาบาล เป็นต้น ทั้งนี้พบว่ามีเพียงร้อยละ 4.4 ของนักศึกษาจบใหม่ที่เข้าเรียนในหลักสูตรเกี่ยวกับสะเต็มเท่านั้น แม้ว่าประเทศมีความต้องการของตลาดแรงงานมากถึง 3 เท่าเมื่อเปรียบเทียบกับสายงานอื่น ๆ จากสาเหตุดังกล่าวทำให้คาดการณ์ได้ว่าประเทศสหรัฐอเมริกาจะขาดแคลนแรงงานด้านเทคโนโลยีที่มีคุณภาพสูงได้ในอนาคต (Land, 2013) เช่นเดียวกับประเทศไทยที่เกิดภาวะการขาดแคลนกำลังคนทางด้าน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี เพื่อทำวิจัย ศึกษาค้นคว้า พัฒนาและนำทรัพยากรธรรมชาติมาประยุกต์ให้เกิดนวัตกรรมหรือเทคโนโลยี (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556) นอกจากนี้ประเทศเกาหลีใต้ยังเป็นประเทศหนึ่งในทวีปเอเชียที่เห็นความสำคัญกับการพัฒนาพลเมืองของประเทศให้มีความคิดสร้างสรรค์ รัฐบาลของประเทศเกาหลีใต้มีมุมมองว่า สิ่งที่น่าเป็นห่วงที่สุดทางการศึกษาของประเทศคือการสร้างให้พลเมืองมีความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์อย่างมั่นใจ เนื่องจากปัญหาที่จะเกิดขึ้นในอนาคตนั้นเป็นปัญหาซับซ้อนและอาจจะไม่สามารถใช้ความรู้เฉพาะด้านใดด้านหนึ่งในการแก้ปัญหาได้ ดังนั้นการส่งเสริมให้พลเมืองมีความสามารถในการสร้างสรรค์สิ่งใหม่ มีความรู้และความสามารถหลากหลายด้านจึงเป็นสิ่งจำเป็น (Kim & Kim, 2016)

สิทธิชัย ลายเสมา (2557) ผู้สร้างโมเดลการเรียนรู้ที่มีความคิดสร้างสรรค์เป็นฐานสำหรับเด็กไทย (Creativity-based learning) ได้อธิบายว่า การประกอบอาชีพในยุคสมัยปัจจุบัน นอกจากต้องการคนที่มีความรู้พื้นฐานแล้ว ยังต้องการคนที่มีทักษะการสื่อสาร ทักษะการทำงานเป็นทีม และที่สำคัญคือทักษะการคิดสร้างสรรค์ จากประสบการณ์สอนในช่วงระยะเวลา 10 ปี นักเรียนไทยมีความคิดสร้างสรรค์ลดลงเรื่อย ๆ เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่ถนัดกับการทำตามแบบหรือทำตามสิ่งที่นักเรียนเคยพบมาก่อนมากกว่าการพยายามคิดผลงานขึ้นมาใหม่เป็นของตนเอง และพบว่ามีนักเรียนจำนวนน้อยมากที่แสดงให้เห็นถึงการมีความคิดสร้างสรรค์ สอดคล้องกับ จินตนา เทศแอม (2551) ที่รายงานว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 แสดงพฤติกรรมว่ามีปัญหาด้านความคิดสร้างสรรค์ขณะเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ พฤติกรรมดังกล่าวได้แก่ นักเรียนไม่กล้าซักถาม คิดลอกเลียนแบบผู้อื่นบ่อยครั้ง และไม่กล้าแสดงความคิดเห็นของตนเอง ส่งผลต่อทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นเครื่องมือในการคิดแก้ปัญหา และสอดคล้องกับ จรินยา นาหัวนิน (2553) พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีความรู้ความสามารถในรายวิชาชีววิทยาตามหลักสูตร และมีทักษะการคิดวิเคราะห์พื้นฐาน แต่ทักษะการคิดขั้นสูงที่มีความซับซ้อน เช่น การคิดสร้างสรรค์ยังอยู่ในเกณฑ์ไม่น่าพอใจ ทั้งนี้มีสาเหตุมาจากกระบวนการเรียนการสอนที่ใช้กับนักเรียนยังให้ความสำคัญกับการพัฒนากระบวนการคิดไม่เพียงพอ และเน้นให้ความสำคัญกับเนื้อหาสาระทางวิทยาศาสตร์มากกว่า รวมถึงขาดสื่อการเรียนรู้ที่ส่งเสริมและพัฒนากระบวนการคิดที่หลากหลาย และสื่อการเรียนรู้ที่มีอยู่ไม่ได้รับการพัฒนาให้สอดคล้องกับการพัฒนากระบวนการคิดควบคู่กับเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์

จากปัญหาดังกล่าวแสดงให้เห็นว่า นักเรียนยังขาดการสนับสนุนด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นผลมาจากการจัดการเรียนการสอนที่เน้นการศึกษาเนื้อหาและข้อเท็จจริง ด้วยเหตุนี้การพัฒนาพลเมืองและการเพิ่มกำลังคนด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีคุณภาพได้นั้น เยาวชนจำเป็นต้องได้รับการฝึกฝนกระบวนการคิดและพัฒนาด้วยกระบวนการสอนที่เหมาะสมต่อการส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งการมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ครูผู้สอนจึงต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนลงมือเรียนรู้ด้วยตนเองให้มากที่สุด เปิดโอกาสให้ผู้เรียนกำหนด

เป้าหมายในการเรียน ได้หาความรู้ด้วยตนเอง รู้จักเลือกและคัดกรองข้อมูล สร้างความรู้และประยุกต์ความรู้ได้ พร้อมทั้งประเมินการเรียนรู้ของตนเองได้ (ไพฑูรย์ สินลารัตน์, 2558) ซึ่งสอดคล้องกับ วิริยะ ฤาชัยพาณิชย์ (2559) ผู้เชี่ยญชาญด้านการเรียนรู้ที่เกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์และแนวทางการสอนเพื่อสร้างผู้เรียนให้มีทักษะในศตวรรษที่ 21 กล่าวว่า การส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ให้แก่นักเรียนได้นั้น กระบวนการสอนในห้องเรียนควรใช้แบบปัญหาเป็นฐาน เพื่อสร้างบริบทใหม่ จุดประกายความอยากรู้ของนักเรียน สร้างห้องเรียนให้เป็นเวทีแสดงผลงาน สามารถฝึกอุปนิสัยและให้เสรีภาพแก่นักเรียน เป็นห้องเรียนที่แบ่งปัน เรียนรู้และสร้างผลงานร่วมกัน การสอนแบบนี้คือส่วนสำคัญที่จะทำให้เกิดห้องเรียนแห่งอนาคตส่งผลให้ผู้เรียนมีความคิดสร้างสรรค์ นอกจากนี้ อารี พันธ์มณี (2558) สรุปผลการศึกษาของการสอนที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ พบว่า การสอนแบบบูรณาการและการสอนตามแนวการสร้างความรู้ด้วยตนเองจะทำให้ความคิดสร้างสรรค์ของผู้เรียนเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ

จากการศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาการคิดและส่งเสริมกำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ที่สร้างสรรค์ พบว่า สะตีมศึกษา (STEAM Education) เป็นแนวคิดของการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการที่ได้รับการสนับสนุนจากสหรัฐอเมริกาแนวคิดหนึ่ง ประกอบไปด้วยการบูรณาการของ 5 สาระวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะ และคณิตศาสตร์ สะตีมศึกษามีรากฐานมาจากสะเต็มศึกษา (STEM Education) และมีแนวโน้มที่จะสามารถพัฒนานักเรียนให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีประสิทธิภาพสูงกว่า เนื่องจากสะเต็มศึกษาเป็นแนวคิดที่กระตุ้นให้นักเรียนมุ่งคิดหาวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุดเพียงวิธีเดียว (Convergent Thinking) ส่วนสะตีมศึกษานั้นเป็นแนวคิดที่กระตุ้นให้นักเรียนมุ่งคิดหาคำตอบหรือวิธีแก้ปัญหาที่หลากหลาย (Divergent Thinking) (Madden et al., 2013) การบูรณาการเนื้อหาศิลปะเข้าไปในสะตีมศึกษาเป็นการกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนและทั้งนี้สะตีมศึกษามีลักษณะสำคัญ 3 ประการดังนี้ (1) มีสถานการณ์นำไปสู่การแก้ปัญหา (2) มีการออกแบบเชิงสร้างสรรค์เพื่อค้นหาแนวทางแก้ปัญหา และ (3) มีความดึงดูดเพื่อให้เกิดความกระตือรือร้นในการแก้ปัญหา กิจกรรมการเรียนการสอนของสะตีมศึกษาทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์ให้เข้ากับสถานการณ์ได้และสามารถจดจำความรู้ได้ยาวนานผ่านการสืบสอบและการนำความรู้มาสร้างสรรค์ชิ้นงาน (Yakman, 2008) และสอดคล้องกับ Riley (2014) ที่อธิบายว่า สะตีมศึกษาเป็นแนวคิดทางการศึกษาที่นำทางผู้เรียนไปสู่การสืบสอบ การอภิปราย การคิดวิเคราะห์ และมีการวางแผนแบบร่วมมือกับสมาชิกภายในกลุ่ม อีกทั้งส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ ความคงทนในการเรียนรู้ ความสามารถในการแก้ปัญหาและการคิดวิเคราะห์ได้ (Land, 2013; Kim & Bolger, 2015) และมีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างให้นักเรียนเป็นกำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ที่มีความคิดสร้างสรรค์พัฒนานวัตกรรมและมีความพร้อมในการแก้ปัญหาระดับโลกได้ในอนาคต (Madden et al., 2013)

แนวคิดสะตีมศึกษามีฐานคิดมาจากทฤษฎีการสร้างความรู้โดยการสร้างสรรค์ชิ้นงาน หรือทฤษฎีความรู้สร้างสรรค์ (Constructionism) ที่อธิบายว่า หากผู้เรียนมีโอกาสได้สร้างความรู้และนำความรู้ที่ตนเองได้สร้างขึ้นไปคิดสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยอาศัยสื่อและเทคโนโลยีที่เหมาะสมจะช่วยให้ความคิดนั้นเห็นเป็นรูปธรรมที่ชัดเจน ซึ่งความรู้ที่นักเรียนสร้างขึ้นจะมีความหมายอยู่คงทนและไม่ลืมง่าย (ทิศนา แขมมณี และคณะ, 2545; สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2558) ด้วยเหตุนี้จึงพบผลการวิจัยเกี่ยวกับแนวคิดสะตีมศึกษาที่นำมาใช้พัฒนาความคิดสร้างสรรค์ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ความสนใจในวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนในระดับประถมศึกษาเป็นส่วนใหญ่ ผลการวิจัยจากประเทศเกาหลีระบุว่า นักเรียนที่ได้รับการประยุกต์สะตีมศึกษาเข้ากับบทเรียนวิทยาศาสตร์ระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 มีความคิดสร้างสรรค์และมีความสนใจในวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยการสอนแบบทั่วไป (Kim et al., 2014) นอกจากนี้ยังพัฒนาให้นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 มีการรับรู้ความสามารถของตนเอง มีความสนใจในวิทยาศาสตร์ และอาชีพที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เพิ่มสูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญอีกด้วย (Park & Shin, 2012)

สำหรับการเรียนการสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ นอกจากความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ควรพัฒนาแล้ว ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ยังคงมีความสำคัญสำหรับการพัฒนานักเรียนเช่นกัน เนื่องจากการมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีเป็นสิ่งยืนยันได้ว่านักเรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายจากการเรียนการสอนและนำความรู้ที่มีไปต่อยอดเพื่อใช้ประโยชน์ในอนาคตได้ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข, 2548) โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรายวิชาชีววิทยาที่มีเนื้อหาที่ซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับชีวิตของนักเรียนโดยตรง หากนักเรียนได้ฝึกให้มีความคิดสร้างสรรค์ที่ใช้ความรู้ทางชีววิทยาโดยแสดงออกผ่านผลงาน นักเรียนจะเห็นประโยชน์และเข้าใจเนื้อหาชีววิทยาอย่างเป็นรูปธรรมมากขึ้น สะตีมศึกษาจึงเป็นแนวทางหนึ่งที่คาดว่าสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาได้ ซึ่งสอดคล้องกับผลการวิจัยของ จารีพร ผลมูลและคณะ (2558) ที่นำแนวคิดสะตีมศึกษาไปบูรณาการพัฒนาเป็นหน่วยการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โดยมีเนื้อหาเกี่ยวกับระบบนิเวศ ทรัพยากรธรรมชาติ และการเรียนรู้เทคโนโลยีในชุมชน เพื่อศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการวิจัยระบุว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เนื่องจากนักเรียนได้มีส่วนร่วมในการสืบสอบ เก็บรวบรวมข้อมูล คิดแก้ปัญหาจากสถานการณ์ และได้สร้างสรรค์ผลงาน

จากความเป็นมาและความสำคัญที่กล่าวข้างต้น จึงมาสู่การนำแนวคิดสะตีมศึกษามาใช้ในการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่มีความสนใจศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ มีความมุ่งหวังที่จะเป็นนักวิทยาศาสตร์ หรือประกอบอาชีพที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ให้ได้รับการพัฒนาความรู้ความสามารถดังกล่าวควบคู่กันเพื่อส่งเสริมให้นักเรียนเป็นกำลังสำคัญของประเทศไทยทางด้านวิทยาศาสตร์ในอนาคต

คำถามการวิจัย

1. การจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษาสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หรือไม่ อย่างไร และในระดับใด
2. การจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษาส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนระดับใด

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภายหลังการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษา

2. เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษา

3. เพื่อศึกษาระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภายหลังการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษา

สมมติฐานการวิจัย

จากผลการวิจัยของ Kim et al. (2014) ได้ศึกษาผลของการประยุกต์สะตีมศึกษา (STEAM Education) กับบทเรียนวิทยาศาสตร์ ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์และระดับความสนใจในวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ด้วยบทเรียนวิทยาศาสตร์ที่ประยุกต์จากสะตีมศึกษามีความคิดสร้างสรรค์และมีความสนใจในวิทยาศาสตร์สูงกว่าเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยการสอนแบบทั่วไป และงานวิจัยของ จารีพร ผลมูล และคณะ (2558) ได้พัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จิตสำนึกอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเมืองหลังสวน จังหวัดชุมพร รวมทั้งศึกษาประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้อีกด้วย โดยใช้หน่วยการเรียนรู้ จำนวน 3 หน่วย ได้แก่ ระบบนิเวศชุมชนวังตะกอ ทรัพยากรธรรมชาติชุมชนวังตะกอ และเรียนรู้เทคโนโลยีพื้นบ้านชุมชนวังตะกอ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้เรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีจิตสำนึกอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ผ่านเกณฑ์ในระดับดี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และหน่วยการเรียนรู้มีประสิทธิภาพ 81.65/78.33 ตามเกณฑ์ 80/80

จากการศึกษาผลการวิจัยข้างต้น ผู้วิจัยจึงตั้งสมมติฐานการวิจัย ดังนี้

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษาสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ในระดับดีขึ้นไป

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษามีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษาสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ในระดับดีขึ้นไป

ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2559 ที่กำลังศึกษา ณ โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

2. ตัวแปรที่ศึกษา มีดังนี้

2.1 ตัวแปรจัดกระทำ คือ การจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษา

2.2 ตัวแปรตาม ได้แก่

1) ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

3. เนื้อหาที่ใช้ในการศึกษา คือ เนื้อหากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 4 หน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ 1) ระบบย่อยอาหาร 2) การสลายสารอาหารระดับเซลล์ 3) การสืบพันธุ์ และ 4) การเจริญเติบโตของสัตว์

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แนวคิดสะตีมศึกษา หมายถึง แนวคิดการจัดการศึกษาบูรณาการแบบสหวิทยาการ (Interdisciplinary) ระหว่าง 5 เนื้อหาสาระที่เชื่อมโยงและสนับสนุนกันผ่านสถานการณ์นำมาสู่การออกแบบหรือสร้างผลงาน แนวคิดนี้พัฒนามาจากแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) โดยมีกรอบความคิดที่เพิ่มเนื้อหาสาระศิลปะเข้าไปประกอบกับวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม คณิตศาสตร์ ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. วิทยาศาสตร์ (Science) หมายถึง การศึกษาหลัก กฎและทฤษฎีของโลกธรรมชาติจากกระบวนการสืบสอบที่เกี่ยวข้องกับชีววิทยา

2. เทคโนโลยี (Technology) หมายถึง กระบวนการ การเลือกหรือใช้วัสดุอุปกรณ์และเครื่องมือที่มีหน้าที่เฉพาะเจาะจงซึ่งตอบสนองความต้องการของมนุษย์ การสืบค้นจากสื่อออนไลน์

3. วิศวกรรม (Engineering) หมายถึง การประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ในการออกแบบเครื่องมือหรือสร้างอุปกรณ์เทคโนโลยีด้วยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเพื่อแก้ปัญหา

4. ศิลปะ (Art) หมายถึง การเรียนรู้เกี่ยวกับงานออกแบบผลิตภัณฑ์ และงานออกแบบสร้างบรรจุภัณฑ์ และการพูดโน้มน้าวใจ

5. คณิตศาสตร์ (Mathematics) หมายถึง การเรียนรู้ที่ว่าด้วยตัวเลข การใช้ตัวเลข การคำนวณ การวัด การวิเคราะห์ข้อมูล การใช้เหตุผล ความน่าจะเป็น และเรขาคณิต

การจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษา หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนในวิชาชีววิทยาที่ใช้แนวคิดสะตีมศึกษา (STEAM Education) ซึ่งเป็นแนวคิดของการจัดการศึกษาแบบบูรณาการ มีกรอบความคิด 5 องค์ประกอบ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะ และคณิตศาสตร์ โดยจัดกิจกรรมแบบบูรณาการที่สอดคล้องกับเนื้อหาแต่ละบทเรียนในวิชาชีววิทยาและใช้ขั้นตอนการสอนผ่านกระบวนการคิดสร้างสรรค์ (Creative Process) พัฒนาโดย Riley (2016) ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้

1. ขั้นระบุสถานการณ์ (Focus) คือ ขั้นตอนของการเสนอสถานการณ์หรือคำถามที่ต้องการหาวิธีการแก้ไขปัญหา

2. ขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ (Detail) คือ ขั้นตอนของการนำคำถามหรือปัญหามาวิเคราะห์หารายละเอียด หรือหาองค์ประกอบว่าเพราะเหตุใดถึงเกิดปัญหาหรือคำถามนั้น

3. ขั้นศึกษาค้นคว้า (Discovery) คือ ขั้นตอนของการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลที่เกี่ยวข้องและจำเป็นต่อการคิดหาคำตอบหรือการแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการต่างๆ

4. ขั้นประยุกต์ (Application) คือ ขั้นตอนของการสร้างและอธิบายวิธีการแก้ปัญหาเพื่อแสดงทักษะและความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าผ่านทางการสร้างสรรค์ผลงาน

5. ขั้นนำเสนอ (Presentation) คือ ขั้นตอนของการเผยแพร่ นำเสนอและแลกเปลี่ยนผลงานหรือมุมมองของการแก้ปัญหากับผู้อื่น และมีโอกาสได้ให้คำแนะนำหรือข้อเสนอแนะผลงานที่ผู้อื่นนำเสนอ

6. ขั้นประเมินและปรับปรุง (Link) คือ ขั้นตอนของการสะท้อนข้อเสนอแนะที่ได้จากขั้นนำเสนอ โดยการนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงผลงานหรือวิธีแก้ปัญหาของตนเองเพื่อผลิตผลงานหรือทางแก้ปัญหาที่ดีขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการคิดอย่างรวดเร็ว หลากหลายแนวทาง มีความใหม่ เป็นประโยชน์และใช้ความรู้วิทยาศาสตร์นำไปสู่การแก้ปัญหา การออกแบบหรือการสร้างสิ่งประดิษฐ์ (Ayas & Sak, 2014) ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

1) ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง มีความสามารถในการคิดคำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์ได้จำนวนมากในเวลาที่จำกัด

2) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง มีความสามารถในคิดคำตอบที่มีความหลากหลายของหมวดหมู่ หรือมีหลายแนวทางและสอดคล้องกับสถานการณ์

3) ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง มีความสามารถในการคิดคำตอบที่แปลกใหม่ มีความโดดเด่นและสอดคล้องกับสถานการณ์

ซึ่งวัดได้โดยใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการ

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้ของบุคคลที่เป็นผลมาจากประสบการณ์การเรียนรู้ที่ได้รับจากการเรียนการสอนชีววิทยา เรื่อง ระบบย่อยอาหาร การสลายอาหารระดับเซลล์ การสืบพันธุ์ และการเจริญเติบโตของสัตว์ โดยมีแนวทางการประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน 4 ด้าน ได้แก่ 1) ด้านความรู้ความจำ 2) ด้านความเข้าใจ 3) ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ 4) ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ตามแนวคิดของ Klopfer (1971) และวัดโดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาแบบปรนัย 4 ตัวเลือก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ผลของการใช้แนวคิดสะตีมศึกษาในวิชาชีววิทยาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสาร ตำรา บทความ และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. แนวคิดสะตีมศึกษา
    1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของสะตีมศึกษา
    1.2 ความหมายของสะตีมศึกษา
    1.3 องค์ประกอบของสะตีมศึกษา
    1.4 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนสะตีมศึกษา
    1.5 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนสำหรับแนวคิดสะตีมศึกษา
2. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
    2.1 ความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
    2.2 ความหมายและองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรรค์ทางวิทยาศาสตร์
    2.3 แนวทางการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา
    3.1 ความสำคัญและความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    3.2 ด้านพฤติกรรมของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
    3.3 แนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
    4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดสะตีมศึกษา
    4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
5. กรอบแนวคิดของการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. แนวคิดสะตีมศึกษา

การศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดสะตีมศึกษา นำเสนอประเด็นสำคัญที่นำไปสู่การทำวิจัยตามลำดับ ได้แก่ (1) ความเป็นมาและความสำคัญของสะตีมศึกษา (2) ความหมายของสะตีมศึกษา (3) องค์ประกอบของสะตีมศึกษา (4) ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนสะตีมศึกษา และ (5) ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนสำหรับแนวคิดสะตีมศึกษา โดยเนื้อหาสาระที่ได้จากการศึกษามีดังนี้

1.1 ความเป็นมาและความสำคัญของสะตีมศึกษา

สะเต็มศึกษา (STEM Education) แต่เดิมนั้นเป็นแนวคิดในการจัดการเรียนการสอนแบบบูรณาการข้ามรายวิขาที่ได้รับความนิยมในประเทศสหรัฐอเมริกาอยู่แล้ว แต่เนื่องจากประเทศสหรัฐอเมริกาพบปัญหาขาดกำลังคนด้านสะเต็มและบัณฑิตใหม่ยังขาดการคิดสร้างสรรค์และการสร้างนวัตกรรม ส่งผลให้มีโอกาสไม่ประสบความสำเร็จในการแข่งขันทางเศรษฐกิจในระดับโลก การพัฒนานวัตกรรมให้มีความก้าวหน้านั้นไม่ได้มาจากเทคโนโลยีเพียงอย่างเดียว แต่จำเป็นต้องมีความคิดสร้างสรรค์ที่ใช้ศิลปะและการออกแบบ (Art and desing) ร่วมด้วย จึงจะทำให้การพัฒนานวัตกรรมดังกล่าวช่วยให้เศรษฐกิจเจริญเติบโตได้ (Land, 2013)

ในปีคริสตศักราช 2006 Georgette Yakman ซึ่งในขณะนั้นเป็นนิสิตปริญญาโท สาขาบูรณาการสะเต็มศึกษา หรือ Integrated Science-Technology-Engineering-Mathematics Educational program (ISTEMed) ของ มหาวิทยาลัยเวอร์จิเนียพอลีเทคนิคแอนสเตจ (Virginia Polytechnic and State University) ประเทศสหรัฐอเมริกา ได้พัฒนารูปแบบทางการศึกษา หรือแนวคิดที่เรียกว่าสะตีมศึกษา (STEAM Education) ขึ้นมาโดยมีรากฐานที่พัฒนามาจากสะเต็มศึกษา (STEAM Education, 2015) โดยชื่อ “สะตีมศึกษา” มาจากองค์ประกอบของอักษรภาษาอังกฤษทั้งหมด 5 ตัวอักษร ซึ่งในแต่ละตัวอักษรแสดงถึงเนื้อหารายวิชาที่จะนำมาบูรณาการการสอนเข้าด้วยกัน 5 เนื้อหาสาระ ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะ และคณิตศาสตร์ โดยรายวิชาต่าง ๆ สามารถเชื่อมโยงและสนันสนุนซึ่งกันและกันได้ผ่านการประยุกต์กับบริบทหรือสถานการณ์จริง สาเหตุที่ผู้คิดค้นได้เพิ่มศิลปะเข้าไปในสะเต็มศึกษาเนื่องจากต้องการสร้างกรอบความคิดการทางศึกษา ที่สามารถเชื่อมโยงการศึกษาวิทยาศาสตร์บริสุทธิ์กับสาขาต่าง ๆ ของศิลปะได้

นอกจากการศึกษาเทคโนโลยี วิศวกรรม คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกันแล้ว การเรียนรู้ศิลปะทางสังคม ความเกี่ยวข้องระหว่างวิทยาศาสตร์กับสังคม หรือกิจกรรมของมนุษย์ก็เป็นสิ่งจำเป็นที่ควรจะศึกษาและทำความเข้าใจเพราะล้วนเกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เช่นกัน (Yakman, 2008) นอกจากนี้ศิลปะที่เป็นองค์ประกอบของสะตีมศึกษาในที่นี้ หมายความรวมถึง วิจิตรศิลป์ (Fine arts) ศิลปกายภาพ (Physical arts) ศิลปอุตสาหกรรม (Manual arts) ศิลปศาสตร์ (Liberal arts) และภาษาศาสตร์ (Language arts) สามารถประกอบเข้ากับทุก ๆ รายวิชาทำให้เกิด

เป็นแนวทางในการพัฒนาการศึกษาต่อไป การเพิ่มรายวิชาศิลปะเข้าไปในสะเต็มศึกษาจะสนับสนุนให้เกิดบรรยากาศในการเรียนที่ดีขึ้น อีกทั้งสามารถพัฒนาภาษาและสังคมศึกษาให้นักเรียนไปพร้อม ๆ กันด้วย (Yakman, 2010) นอกจากศิลปะทำให้แนวคิดสะเต็มศึกษามีชีวิตชีวาขึ้นแล้ว ยังเพิ่มโอกาสการทำงานของบุคลากรด้านสะเต็มอีกด้วย เปิดโอกาสให้ได้ใช้ความคิดมากขึ้น ศิลปะจะช่วยพัฒนาสะเต็มศึกษาเพราะมีแนวคิดแบบเอนกนัย (Divergent Thinking) มากกว่า และสังเกตได้จากนักวิทยาศาสตร์รางวัลโนเบลจะไม่ได้ชำนาญด้านวิทยาศาสตร์เพียงอย่างเดียวแต่ยังชำนาญด้านศิลปะอีกด้วย (Land, 2013)

ทั้งนี้จากการศึกษาเอกสาร และบทความต่าง ๆ มีการกล่าวถึงจุดมุ่งหมายของสะตีมศึกษา (STEAM Education) ไว้หลากหลายและสามารถสรุปได้ดังนี้ แนวคิดสะตีมศึกษามีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างนักเรียนให้เติบโตเป็นพลเมืองที่มีทักษะและความสามารถหลายด้าน และมีทางเลือกในการประกอบอาชีพที่หลากหลายผ่านการเรียนรู้แบบบูรณาการโดยมีสถานการณ์เป็นฐาน เพื่อให้นักเรียนมีความสามารถเชื่อมโยงความรู้ระหว่างเนื้อหารายวิชาต่าง ๆ และในสถานการณ์ใหม่ได้มีความรู้ที่กว้างขึ้น อีกทั้งสามารถจดจำได้ยาวนาน เพื่อให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหา มีความสามารถในการคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีความสามารถในการทำงานเป็นทีม สามารถเพิ่มความสนใจของนักเรียน ส่งเสริมให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์และเกิดความคงทนในการเรียนรู้ เพื่อสร้างให้นักเรียนเป็นผู้บริโภคและเป็นผู้ริเริ่มสร้างสรรค์นวัตกรรมที่มีความรับผิดชอบและเพื่อให้นักเรียนเป็นผู้ที่เรียนรู้ตลอดชีวิต (STEAM Education, 2015; Yakman, 2008; Ge et al., 2015; Jeong & Kim, 2015; Robelen, 2011)

1.2 ความหมายของสะตีมศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

“STEAM” หรือ “STEAM Education” ได้รับการกล่าวถึงหลายลักษณะด้วยกัน กล่าวคือเป็นรูปแบบการศึกษา (Educational model) (Yakman, 2008) แนวคิด (Approach) (Riley, 2016) และกรอบความคิด (Framework) (STEAM Education, 2015) จากการศึกษาเอกสารและบทความต่าง ๆ จึงนำไปสู่การให้ความหมายของสะตีมศึกษาต่าง ๆ กันดังต่อไปนี้

Yakman (2008) ซึ่งเป็นผู้พัฒนาสะตีมศึกษา กล่าวว่า สะตีมศึกษา (STEAM Education) คือ รูปแบบการศึกษาแบบบูรณาการที่พัฒนามาจากสะเต็มศึกษา (STEM Education) โดยมีรายวิชาดั้งเดิม (Traditional academic subjects) ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะ และคณิตศาสตร์ มาประกอบกันเป็นกรอบความคิด เพื่อวางแผนหลักสูตรบูรณาการ นอกจากนี้ยังระบุลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนการสอนที่ใช้แนวคิดสะตีมศึกษาว่าจะต้องประกอบไปด้วย (1) สถานการณ์ (Situation) (2) มีการออกแบบเชิงสร้างสรรค์เพื่อค้นหาแนวทางแก้ปัญหา (Creative design) และ (3) มีความดึงดูดเพื่อให้เกิดความกระตือรือร้นในการแก้ปัญหา (Emotional touch)

องค์กร STEAM Education (2015) กล่าวว่า สะตีมศึกษา คือ กรอบความคิดของการสอน (Framework for teaching) และเป็นหลักสูตรเน้นบริบทที่รายวิชาต่าง ๆ สามารถเชื่อมโยงและสนับสนุนซึ่งกันและกัน มีความเกี่ยวข้องกันในสภาพจริงภายใต้การศึกษาในระบบโรงเรียน ประกอบไปด้วยวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม คณิตศาสตร์ และประเภทที่หลากหลายของศิลปะ

Ge et al. (2015) กล่าวว่า สะตีมศึกษาเป็นการขยายแนวคิดบูรณาการข้ามรายวิชา (Cross-disciplinary approach หรือ Trans-disciplinary approach) ของแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) โดยการผนวกศิลปศาสตร์ (Liberal arts) และมนุษย์ศาสตร์ (Humanities) เพิ่มเข้าไปนั้นเอง

Riley (2014) กล่าวว่า สะตีมศึกษา คือ แนวคิดทางการศึกษา (Educational approach) สำหรับการเรียนรู้โดยใช้ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม ศิลปะ และคณิตศาสตร์ เพื่อนำทางผู้เรียนไปสู่การสืบสอบ การอภิปรายและการคิดวิเคราะห์ นอกจากนี้ยังอธิบายว่า สะตีมศึกษาเป็นแนวคิดไม่ใช่หลักสูตรทางการศึกษาและมีลักษณะสำคัญดังต่อไปนี้ ได้แก่ ส่งเสริมให้มีการสืบสอบการเรียนรู้ไม่จำเป็นต้องอยู่ในห้องเรียนตลอดเวลา มีการวางแผนแบบร่วมมือ ปรับสร้างบทเรียนที่เชื่อมโยงและมีการประเมินตามสภาพจริงกับทุกวิชาที่นำมาบูรณาการในบทเรียนผ่านผลงานที่แสดงออก

จากการศึกษาความหมายของสะตีมศึกษา สรุปได้ว่าสะตีมศึกษา (STEAM Education) หมายถึง แนวคิดของการจัดการศึกษาแบบบูรณาการที่ถูกพัฒนามาจากแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยมีกรอบความคิดที่เพิ่มเนื้อหาวิชาศิลปะเข้าไปประกอบกับวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม คณิตศาสตร์ ซึ่งรายวิชาต่าง ๆ สามารถเชื่อมโยงและสนับสนุนซึ่งกันและกันผ่านบริบทหรือสถานการณ์ซึ่งนำมาสู่การออกแบบหรือสร้างผลงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.3 องค์ประกอบของสะตีมศึกษา

เนื่องจากสะตีมศึกษาถูกพัฒนาและมีรากฐานจากแนวคิดสะเต็มศึกษา ดังนั้นการศึกษาความหมายขององค์ประกอบวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรม และคณิตศาสตร์ในสะเต็มศึกษาจึงมีความสำคัญ จากการศึกษาความหมายขององค์ประกอบในสะเต็มศึกษาทั้ง 4 องค์ประกอบ มีรายละเอียดดังนี้ (Reeve, 2015; พรทิพย์ ศิริภัทราชัย, 2556; ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ, 2557)

1. วิทยาศาสตร์ (Science) คือ การศึกษาเพื่อให้เกิดความเข้าใจในหลัก กฎและทฤษฎีของโลกธรรมชาติจากกระบวนการสืบสอบที่เกี่ยวข้องกับ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา ดาราศาสตร์และอวกาศ เป็นต้น

2. เทคโนโลยี (Technology) คือ การปรับให้โลกธรรมชาติเข้ากับความต้องการของมนุษย์ หรือ กระบวนการต่าง ๆ หรือการใช้เครื่องมือที่มีหน้าที่เฉพาะจงและตอบสนองความต้องการของมนุษย์

3. วิศวกรรม (Engineering) คือ การประยุกต์ความรู้ทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ในการออกแบบและสร้างเทคโนโลยีด้วยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

4. คณิตศาสตร์ (Mathematics) คือ การศึกษาที่เกี่ยวกับตัวเลข การบอกรูปทรงหรือรูปร่าง ความสัมพันธ์ การเปรียบเทียบ การจำแนกหรือจัดกลุ่ม และการให้เหตุผล

สำหรับสะตีมศึกษา Yakman (2008) ได้กล่าวถึงความสัมพันธ์ขององค์ประกอบทั้ง 5 อย่างของสะตีมศึกษา ดังนี้ “วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีแสดงออกมาในรูปของผลงานเชิงวิศวกรรมและศิลปะ โดยทั้งหมดอยู่บนพื้นฐานความรู้ทางคณิตศาสตร์” (Science and Technology, interpreted through Engineering and the Arts, all based in a language of Mathematics.) และได้ให้ความหมายขององค์ประกอบพร้อมรายละเอียดซึ่งมีความคล้ายคลึงกับความหมายขององค์ประกอบตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นอย่างมาก นอกจากนี้ได้ระบุถึงรายละเอียดขององค์ประกอบศิลปะ (Arts) ตามลำดับดังนี้

1. วิทยาศาสตร์ (Science) คือ การเรียนรู้สิ่งที่เป็นจริงอยู่ในธรรมชาติที่ได้จากการค้นพบและการศึกษาผลกระทบที่เกิดขึ้นจากการสืบสอบและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยวิทยาศาสตร์สาขาต่าง ๆ เช่น ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา ดาราศาสตร์ เป็นต้น

2. เทคโนโลยี (Technology) คือ สิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น หรือ ผลที่ได้จากกระบวนการทางวิศวกรรม

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. วิศวกรรม (Engineering) คือ การใช้กระบวนการสร้างสิ่งต่าง ๆ ที่ต้องใช้วิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์เป็นฐานเพื่อสร้างเทคโนโลยีตอบสนองความต้องการของมนุษย์

4. คณิตศาสตร์ (Mathematics) คือ การเรียนรู้ที่ว่าด้วยตัวเลข การใช้ตัวเลข การคำนวณ การวัด การวิเคราะห์ข้อมูล การใช้เหตุผล การแก้ปัญหา ความน่าจะเป็น และเรขาคณิต

5. ศิลปะ (Arts) คือ การเรียนรู้ในเรื่องของการพัฒนาสังคม ผลกระทบ การสื่อสาร ความเข้าใจ ทัศนคติและขนบธรรมเนียมในอดีต ปัจจุบัน และอนาคต โดยแบ่งเนื้อหาศิลปะออกเป็น 5 ประเภท ดังนี้

1) วิจิตรศิลป์ (Fine arts) คือ งานศิลปะที่มุ่งเรื่องความสวยงาม เช่น ภาพวาด (Painting) งานประติมากรรม (Sculpture) ทฤษฎีสี และการแสดงความคิดสร้างสรรค์ (Creative expressions) เช่น การถ่ายภาพ ดนตรี การออกแบบ สื่อผสม เป็นต้น

2) ศิลปกายภาพ (Physical arts) คือ ศิลปะการเคลื่อนไหวร่างกายของบุคคลหรือหมู่คณะ ได้แก่ กีฬา การเต้น และการแสดง (Performance)

3) ศิลปอุตสาหกรรม (Manual arts) คือ ศิลปะที่อาศัยทักษะที่มีความเฉพาะเจาะจง หรือ เทคนิคที่จำเป็นสำหรับสร้างวัตถุเพื่อการอุตสาหกรรม เช่น งานออกแบบเครื่องจักสานและทอผ้า งานออกแบบและสร้างบรรจุภัณฑ์ เฟอร์นิเจอร์ หรือออกแบบเสื้อผ้า เป็นต้น

4) ศิลปศาสตร์ (Liberal arts) คือ การศึกษาที่เน้นพื้นฐานทางวัฒนาธรรม ได้แก่ สังคมศาสตร์ เช่น สังคมวิทยา ปรัชญา จิตวิทยา ประวัติศาสตร์ หน้าที่พลเมือง การเมือง และการศึกษา เป็นต้น

5) ภาษาศาสตร์ (Language arts) คือ การศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการสื่อสารและความเข้าใจ (Communication and understanding) ประกอบไปด้วยการฟัง การพูด การอ่าน และการเขียน

1.4 ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนสะตีมศึกษา

ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สอดคล้องและสนับสนุนสะตีมศึกษา ได้แก่ ทฤษฎีความรู้สร้างสรรค์ (Constructionism) ซึ่ง Seymour Papert เป็นผู้เสนอทฤษฎีนี้โดยประยุกต์มาจากทฤษฎีการสร้างความรู้ (Constructivism) ของ Jean Piaget โดยได้ต่อยอดทฤษฎีนี้และอธิบายว่า ผู้เรียนสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเองได้ดี หากมีโอกาสเรียนรู้ผ่านการออกแบบ (Learning by design) โดยการนำความรู้นั้นไปคิดสร้างสรรค์ชิ้นงานโดยอาศัยสื่อ เทคโนโลยี วัสดุ และอุปกรณ์ที่เหมาะสม กระบวนการในการสร้างสรรค์ผลงานจะช่วยให้ผู้เรียนได้ฝึกเผชิญสถานการณ์และแก้ปัญหา ทั้งยังช่วยให้สามารถแสดงความคิดออกมาเป็นรูปธรรมที่เห็นได้ชัดเจน นอกจากนี้การวิพากษ์วิจารณ์ผลงานของผู้เรียนหรือการได้นำผลงานที่ผู้เรียนสร้างขึ้นไปใช้จะช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมายมากขึ้น ทั้งนี้วัสดุ อุปกรณ์ทุกประเภทสามารถนำมาสร้างสรรค์ชิ้นงานได้ตามความเหมาะสมของผู้เรียนและบริบทโดยมีความสำคัญอยู่ที่ผู้เรียนได้ฝึกคิด ฝึกแก้ปัญหา ฝึกความอดทน และได้เรียนรู้การบูรณาการความรู้หลาย ๆ ด้าน ทั้งทางด้านวิทยาศาสตร์ ศิลปศาสตร์ สุนทรียศาสตร์ และอื่น ๆ (สำนักงานราชบัณฑิตยสภา, 2558)

ทฤษฎีความรู้สร้างสรรค์สอดคล้องกับแนวคิดสะตีมศึกษาเนื่องจากเป็นแนวคิดของการสอนแบบบูรณาการหลายวิชาเพื่อให้ผู้เรียนมีความรู้หลากหลายด้าน เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองเพื่อนำความรู้ที่ได้มาออกแบบ สร้างชิ้นงานหรือสร้างเทคโนโลยี ซึ่งการที่ผู้เรียนจะออกแบบชิ้นงานใด

ชิ้นงานหนึ่งได้ผู้เรียนจะต้องสามารถใช้ความรู้ทั้งด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และอาศัยศิลปะในการออกแบบหรือการนำเสนอผลงาน นอกจากนี้ผู้เรียนจะได้รับการฝึกคิดสร้างสรรค์ แก้ปัญหา และปรับปรุงชิ้นงานจากกระบวนการทางวิศวกรรม (Engineering design process) โดยตรง

1.5 ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนสำหรับแนวคิดสะตีมศึกษา

จากการศึกษาบทความและงานวิจัย พบว่า มีนักการศึกษาและนักวิจัยทางการศึกษาได้เสนอขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนที่สามารถใช้เพื่อจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะตีมศึกษาทั้งหมด 4 แนวทาง ได้แก่ (1) แนวคิดสะตีมศึกษาเน้นโครงงานเป็นฐาน (Convergence PBL based on STEAM) (2) แนวคิดสะตีมศึกษาเน้นกระบวนการคิดสร้างสรรค์ (Creative process) (3) แนวคิดสะตีมศึกษาเน้นกระบวนการสะตีม (The STEAM process) (4) แนวคิดกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering design process) ในแต่ละแนวทางมีรายละเอียดของขั้นตอนการสอนดังต่อไปนี้

1) แนวคิดสะตีมศึกษาเน้นโครงงานเป็นฐาน
(Convergence PBL based on STEAM)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่เน้นโครงงานเป็นฐาน มีขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน 5 ขั้นตอน ดังต่อไปนี้ (Kwon et al., 2011)

1. ขั้นนำ (Introduction) ครูกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจในการทำโครงงานและเกิดแรงจูงใจที่อยากจะเรียนรู้ในเรื่องที่จะเรียน

2. ขั้นตัดสินใจและวางแผน (Decide project and make a plan) ให้นักเรียนเลือกหัวข้อโครงงาน เลือกหัวข้อย่อย สร้างทีมการทำงาน และเลือกแหล่งข้อมูลที่น่าเชื่อถือในการศึกษาค้นคว้า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. ขั้นลงมือปฏิบัติโครงงาน (Project and me) นักเรียนลงมือทำโครงงานโดยเริ่มด้วยการค้นหาความรู้จากการสืบค้นข้อมูล การสำรวจ การวิจัย หรือ การทำการทดลอง หลังจากนั้นมีการแลกเปลี่ยนข้อมูลและความคิดเห็นภายในกลุ่ม ประชุมและทำงานร่วมกัน ขยายความคิดร่วมกันและจัดทำผลงานที่แสดงถึงองค์ประกอบของศิลปะในสะตีมศึกษา

4. ขั้นนำเสนอผลของโครงงาน (Present result and find Art element) ให้นักเรียนได้นำเสนอผลของโครงงาน จากผลงานหรือผลของการสืบค้นของตนเอง และเปรียบเทียบผลที่ได้กับกลุ่มอื่น ๆ อภิปรายร่วมกันถึงผลของโครงงานและองค์ประกอบของศิลปะ (Art) ที่ใช้ในสะตีมศึกษา

5. ขั้นประเมินผล (Finish and evaluation) ครูประเมินผลโครงงานของนักเรียน และให้นักเรียนประเมินโครงงานของเพื่อนนักเรียนกลุ่มอื่น และนำผลการประเมินไปปรับปรุงโครงงานของกลุ่มตนเอง

2) แนวคิดสะตีมศึกษาเน้นกระบวนการคิดสร้างสรรค์ (Creative Process)

Riley (2016) เสนอกระบวนการคิดสร้างสรรค์ (Creative Process) 6 ขั้นตอน สำหรับการสร้างชั้นเรียนที่ใช้สะตีมเป็นศูนย์กลาง (STEAM-Centered classroom) โดยเน้นว่าการดำเนินไปในแต่ละขั้นตอนจะนำไปสู่การหาคำตอบของคำถามสำคัญในบทเรียน (Essential question) โดยมีขั้นตอนดังนี้

1. ขั้นระบุสถานการณ์ (Focus) ครูและนักเรียนร่วมกันเลือกคำถามที่ต้องการหาคำตอบของบทเรียนหรือต้องการแก้ปัญหาของสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่ง

2. ขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ (Detail) ครูและนักเรียนได้คำถามหรือปัญหาที่ต้องการหาคำตอบแล้ว นำคำถามมาวิเคราะห์หารายละเอียด หรือหาองค์ประกอบว่าเพราะเหตุใดจึงเกิดปัญหาหรือคำถามนั้น ขั้นตอนนี้ทำให้ครูได้ทราบถึงข้อมูลพื้นฐาน ทักษะหรือกระบวนการที่นักเรียนมีและใช้เพื่อแก้ไขปัญหา

3. ขั้นศึกษาค้นคว้า (Discovery) นักเรียนทำการศึกษาค้นคว้าหาข้อมูลที่จำเป็นต่อการคิดหาคำตอบหรือทางแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการต่างๆ โดยครูวิเคราะห์ความรู้หรือทักษะที่นักเรียนยังขาดได้ในขั้นนี้และเติมเต็มความรู้และทักษะจนนักเรียนมีความชัดเจน

4. ขั้นประยุกต์ (Application) หลังจากนักเรียนได้ทำความเข้าใจปัญหาหรือคำถามและได้วิเคราะห์หาทางแก้ปัญหาหรือคำตอบของคำถามนั้นแล้ว ขั้นตอนนี้เป็นขั้นตอนที่นักเรียนจะได้สร้างและอธิบายวิธีการแก้ปัญหา ในขั้นนี้นักเรียนได้แสดงทักษะและความรู้ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้าผ่านทางการสร้างสรรค์ผลงาน

5. ขั้นนำเสนอ (Presentaion) นักเรียนเผยแพร่และแลกเปลี่ยนผลงานหรือมุมมองของการแก้ปัญหาให้ผู้อื่นได้รับชม ผู้ที่รับชมผลงานมีโอกาสได้ให้คำแนะนำหรือข้อเสนอแนะแก่ผู้นำเสนอ ซึ่งในขั้นนี้ช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้การให้และรับคำแนะนำ

6. ขั้นประเมินและปรับปรุง (Link) นักเรียนมีโอกาสสะท้อนข้อเสนอแนะที่ได้จากขั้นตอนที่แล้ว โดยการนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงผลงานหรือวิธีแก้ปัญหาของตนเองเพื่อผลิตผลงานหรือทางแก้ปัญหาที่ดีขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3) แนวคิดสะตีมศึกษาเน้นกระบวนการสะตีม (The STEAM process)

Riley (2014) ได้อธิบายขั้นตอนการออกแบบการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดสะตีมศึกษาโดยใช้ชื่อว่า กระบวนการสะตีม (The STEAM process) ซึ่งยึดถือพื้นฐานของการสอนแบบบูรณาการ (Foundation of integration) กล่าวคือ ทุกวิชาที่ถูกนำมาบูรณาการในบทเรียนไม่ว่าจะเป็นเนื้อหาใดจะต้องถูกสอนให้ถูกต้องและเชื่อมโยงกันได้จากมาตรฐานการเรียนรู้และมีการประเมินผล โดยมีขั้นตอนในการออกแบบบทเรียนดังนี้

1. ขั้นสำรวจค้นหา (Investigate) ครูและนักเรียนร่วมกันค้นหาขอบเขตของหัวข้อเรื่องหรือปัญหาในเนื้อหาที่จะได้เรียนในบทเรียน

2. ขั้นค้นพบ (Discovery) ครูและนักเรียนสร้างผังความคิด (Schema map) ที่เกี่ยวกับผลกระทบ สาเหตุของปัญหาหรือองค์ประกอบของหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่เลือก จากขั้นนี้ทำให้ทราบถึงลำดับหรือหัวข้อย่อยที่จะทำการสำรวจค้นหาได้ลึกมากขึ้น

3. ขั้นเชื่อมโยง (Connect) หลังจากที่ครูและนักเรียนสร้างผังความคิดของหัวข้อเรื่องออกมาแล้ว ให้เลือก 2 หัวข้อย่อยของเนื้อหาที่มีความเกี่ยวข้องกันกับคำถามหรือปัญหาที่ตั้งไว้มาเชื่อมต่อกัน โดยจะต้องสามารถวัดประเมินได้ตามมาตรฐานการเรียนรู้ของทั้งสองเนื้อหา

4. ขั้นสร้าง (Create) นักเรียนมีการสืบสอบข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อหรือปัญหาที่นักเรียนต้องการจะศึกษา โดยต้องเรียนรู้จากสาระความรู้เพื่อนำไปใช้แก้ปัญหาหรือสร้างผลงานที่สอดคล้องกับสถานการณ์หรือบริบท ในขั้นนี้ครูสามารถทราบปัญหาหรือสิ่งที่นักเรียนยังขาดได้

5. ขั้นสะท้อน (Reflect) หลังจากนักเรียนสร้างผลงานของตนเองเสร็จเรียบร้อยแล้ว นักเรียนต้องมีเวลาเพื่อประเมิน สะท้อนงานหรือวิจารณ์งานของตนเองและงานของเพื่อนร่วมชั้น ซึ่งสามารถทำผ่านการใช้แบบประเมินตนเอง แฟ้มสะสมงาน การประเมินแบบคู่ (Peer reviews) หรือ รูบริค (Rubrics)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4) แนวคิดกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering design process)

อีกหนึ่งขั้นตอนการสอนที่ระบุว่าสามารถใช้ในการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะตีมศึกษาได้ (Chan, 2016) คือ กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (Engineering design process) ซึ่งเป็นวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน (5-step cycle) ที่ทำให้ครูสามารถสร้างสิ่งแวดล้อมในการสืบสอบให้นักเรียนได้ ผ่านทางการใช้คำถามและการลงมือปฏิบัติ โดยขั้นตอนการสอนดังกล่าวประกอบด้วย 5 ขั้นตอนที่มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ขั้นตั้งคำถาม (Asking questions) ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตั้งคำถามหรือปัญหาของตนเอง หรือตั้งคำถามร่วมกันในกลุ่มซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับเนื้อหาในชั้นเรียนและบริบทในชีวิตจริงของนักเรียน

2. ขั้นจินตนาการ (Imagining) ครูมีเวลาให้นักเรียนคิดจินตนาการหาคำตอบหรือทางแก้ไขปัญหาที่ดีที่สุด

3. ขั้นวางแผน (Planning) ครูให้นักเรียนได้วางแผนและออกแบบวิธีการให้ได้มาซึ่งคำตอบหรือวิธีการแก้ไขปัญหา

4. ขั้นสร้าง (Creating) ครูให้นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมโครงงาน (Project-based activities) ในการสร้าง ออกแบบ หรือทำการทดลองที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาและปัญหาที่นักเรียนกำลังศึกษา และทำการประเมินผลงาน เช่น การให้นักเรียนประเมินตนเอง การทดสอบประสิทธิภาพของผลงานที่นักเรียนสร้างขึ้น ประเมินโดยครูและรับข้อเสนอแนะ และให้นักเรียนทำแฟ้มสะสมงาน

5. ขั้นปรับปรุงเพื่อการพัฒนา (Improving) ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ปรับปรุงผลงานของตนเอง หลังจากนั้นให้นักเรียนได้นำเสนอผลงานในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง เช่น การทำแฟ้มสะสมงานออนไลน์ การประกวดแข่งขันผลงาน การโต้วาที การจัดแสดงผลงานที่ห้องเรียนหรืองานมหกรรมวิทยาศาสตร์ และการจัดทำเป็นวีดิทัศน์ เป็นต้น

จากการศึกษาขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนที่เกี่ยวกับแนวคิดสะตีมศึกษาทั้ง 4 แนวทาง สามารถสังเกตเห็นลักษณะร่วมและความแตกต่างของการดำเนินการจัดการเรียนการสอนได้ในตารางที่ 2.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.1 ตารางแสดงการวิเคราะห์กิจกรรมการเรียนการสอนของแนวทางการจัดการเรียนการสอนสำหรับแนวคิดสะตีมศึกษา

แนวทางการจัดการเรียนการสอนสำหรับแนวคิดสะตีมศึกษา	กิจกรรมการเรียนการสอน					
	กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ	ให้นักเรียนคิดก่อนสืบค้นข้อมูล	สืบค้นข้อมูล	สร้างผลงาน	นำเสนอผลงาน	ประเมินผลงาน
แนวคิดสะตีมศึกษาเน้นโครงงานเป็นฐาน (Kwon et al., 2011)	ทำให้เกิดความสนใจในการทำโครงงาน	เลือกหัวข้อของโครงงานที่จะศึกษาและเลือกแหล่งข้อมูล	มีการสำรวจ ทำการทดลอง แลกเปลี่ยนข้อมูลในกลุ่ม	จัดทำโครงงานที่แสดงถึงการใช้ศิลปะประกอบ	นำเสนอผลของโครงงาน อภิปรายผลและศิลปะที่ใช้	ครูประเมินผล นักเรียนประเมินกลุ่มอื่นและปรับปรุงโครงงาน
แนวคิดสะตีมศึกษาเน้นกระบวนการคิดสร้างสรรค์ (Riley, 2016)	กระตุ้นโดยการนำเสนอสถานการณ์ปัญหา	วิเคราะห์หาองค์ประกอบของปัญหาหรือสาเหตุของปัญหาที่หลากหลาย นำไปสู่การสืบค้นข้อมูล	ศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องและข้อมูลที่จำเป็นต่อการแก้ไขปัญหาด้วยวิธีการต่างๆ	คิดวิธีการแก้ไขปัญหาและสร้างผลงานที่แสดงถึงการแก้ปัญหาของสถานการณ์	เผยแพร่และแลกเปลี่ยนผลงานที่ใช้แก้ปัญหา	รับข้อเสนอแนะจากครูและเพื่อนพร้อมทั้งสะท้อนข้อเสนอแนะและปรับปรุงผลงานให้เหมาะสมกับสถานการณ์ยิ่งขึ้น

แนวทางการจัดการเรียนการสอนสำหรับแนวคิดสะตีมศึกษา	กิจกรรมการเรียนการสอน					
	กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ	ให้นักเรียนคิดก่อนสืบค้นข้อมูล	สืบค้นข้อมูล	สร้างผลงาน	นำเสนอผลงาน	ประเมินผลงาน
แนวคิดสะตีมศึกษาเน้นกระบวนการสะตีม (Riley, 2014)	ครูและนักเรียนร่วมกันค้นหาหัวข้อเรื่องหรือปัญหาที่จะศึกษาในบทเรียน	ครูและนักเรียนสร้างผังความคิดหาองค์ประกอบย่อยของปัญหาหรือหัวข้อเรื่อง เพื่อเลือก 2 หัวข้อย่อยมาเชื่อมโยงกัน	นักเรียนสืบค้นความรู้เพื่อนำไปไปใช้แก้ปัญหา	นักเรียนสร้างผลงานที่สอดคล้องกับการแก้ปัญหา	นำเสนอต่อเพื่อนร่วมชั้น	ประเมินสะท้อนงานตนเองและประเมินเพื่อนร่วมชั้น
แนวคิดกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (Chan, 2016)	ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนตั้งคำถามหรือปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาและบริบทในชีวิต	นักเรียนคิดหาคำตอบหรือทางแก้ไขปัญหาที่ดีที่สุด และคิดวางแผนการแก้ปัญหา	นักเรียนสืบค้นข้อมูล หรือทำการทดลองที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหา	นักเรียนสร้างผลงาน หรือออกแบบผลงานที่จะใช้ในการแก้ปัญหา	นำเสนอในรูปแบบการทำแฟ้มสะสมงานออนไลน์ หรือจัดแสดงผลงาน	นักเรียนประเมินตนเอง ทดสอบประสิทธิภาพผลงาน ประเมินโดยครูและรับข้อเสนอแนะ

จากตารางที่ 2.1 แสดงให้เห็นว่า แนวทางของขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนที่ใช้แนวคิดสะตีมศึกษาทั้ง 4 แนวทางเป็นไปในทิศทางที่คล้ายคลึงกัน คือ เน้นให้มีการคิดแยกรายละเอียดหรือหาสาเหตุและสืบสอบหาความรู้ด้วยตนเองผ่านคำถามหรือประเด็นปัญหานำมาสู่การสร้างผลงาน รวมถึงมีการประเมินผลและปรับปรุงผลงานเป็นส่วนหนึ่งของขั้นตอนการจัดการเรียนการสอน อย่างไรก็ตามยังคงพบบางประเด็นที่มีความแตกต่าง ได้แก่ แนวคิดสะตีมศึกษาเน้นกระบวนการคิดสร้างสรรค์ แนวคิดสะตีมศึกษาเน้นกระบวนการสะตีม และแนวคิดกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเริ่มต้นการจัดเรียนการสอนด้วยปัญหาหรือสถานการณ์ได้ชัดเจนกว่าแนวคิดสะตีมศึกษาเน้นโครงงานเป็นฐานที่เป็นเพียงการคิดเลือกหัวข้อโครงงาน ทั้งยังส่งเสริมให้มีการฝึกคิดแยกองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องกับหัวข้อ คำถาม หรือสาเหตุของปัญหามากกว่าอีกด้วย นอกจากนี้สำหรับแนวคิดสะตีมศึกษาเน้นกระบวนการคิดสร้างสรรค์สามารถเปิดโอกาสให้นักเรียนได้คิดหาทางแก้ปัญหาได้หลากหลายมากกว่าแนวคิดกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม เนื่องจากแนวคิดกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมระบุว่าให้จินตนาการหาวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดเพียงวิธีเดียว

จากการศึกษาและวิเคราะห์ขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนสำหรับแนวคิดสะตีมศึกษา แนวคิดสะตีมศึกษาเน้นกระบวนการคิดสร้างสรรค์เป็นขั้นตอนการจัดการเรียนการสอนที่ประกอบไปด้วยขั้นตอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนฝึกการคิดอย่างชัดเจน และเปิดโอกาสให้นักเรียนคิดหาแนวทางการแก้ปัญหาได้หลากหลายจากสถานการณ์ นอกจากนี้ยังคงส่งเสริมให้นักเรียนมีการสืบสอบหาความรู้และนำไปสู่การแสดงผลการเรียนรู้ผ่านผลงานซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีความรู้สร้างสรรค์ (Constructionism) อีกด้วย

2. ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

การศึกษาเกี่ยวกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ นำเสนอประเด็นสำคัญที่นำไปสู่การวิจัยตามลำดับ ได้แก่ (1) ความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (2) ความหมายและองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และ (3) แนวทางการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยเนื้อหาสาระที่ได้จากการศึกษามีดังนี้

2.1 ความสำคัญของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

คนทั่วไปมักมองว่าความคิดสร้างสรรค์ (Creativity) เป็นเรื่องเกี่ยวกับการสร้างสรรค์ทางศิลปะ เช่น บทกวี นวนิยาย การถ่ายภาพ การละคร การแต่งเพลง เป็นต้น ความจริงแล้วความคิดสร้างสรรค์ไม่ได้เกี่ยวข้องแค่กับงานศิลปะเท่านั้น แต่เกี่ยวข้องในทุก ๆ เรื่องของชีวิต เช่น การทำอาหาร การสร้างสิ่งต่าง ๆ รวมถึงการสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้วย (Scientific creations) โดยผ่านทางการคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ การค้นพบสิ่งใหม่หรือการค้นพบที่มีความสำคัญทาง

วิทยาศาสตร์มักเกิดขึ้นจากความคิดสร้างสรรค์บ่อยครั้ง สังเกตได้จากบทความใหม่ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับคัดเลือกให้ตีพิมพ์เผยแพร่ทั่วโลกในแต่ละเดือนเป็นบทความที่มีรายงานการค้นพบสิ่งใหม่ หรือเทคนิคใหม่ทางวิทยาศาสตร์นั้นเอง ดังนั้นการมีความคิดสร้างสรรค์ในแง่มุมของวิทยาศาสตร์จะก่อให้เกิดนักวิทยาศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ (Creative Scientist) ที่สร้างคุณประโยชน์ให้แก่โลกต่อไป (Feist, 2011) ซึ่งสอดคล้องกับ Madden et al. (2013) ที่อธิบายว่าการผลิตนักวิทยาศาสตร์ที่มีความคิดสร้างสรรค์มีความจำเป็นอย่างมากเพื่อสร้างนวัตกรรมที่เป็นประโยชน์ นำไปสู่การแก้ปัญหาที่ใหญ่ขึ้น อีกทั้งประชากรโลกที่เพิ่มมากขึ้น และเทคโนโลยีที่ซับซ้อนมากขึ้นในสังคมปัจจุบัน

2.2 ความหมายและองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทั่วไป (Creativity) กับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific creativity) มีความคล้ายคลึงกันในแง่ของจุดประสงค์ในการคิดที่ต้องการให้เกิดความคิดที่ใหม่และเป็นประโยชน์ แต่มีความแตกต่าง คือ ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถในการคิดของบุคคลเพื่อใช้ในการแก้ปัญหาหรือพัฒนาสิ่งประดิษฐ์โดยต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ การอ้างอิงจากข้อมูลหรือหลักฐานที่มีและใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ประกอบ (Yang et al., 2013; Hu & Adey, 2002) โดยด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์มีการให้ความหมายของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ดังต่อไปนี้

พจนานุกรมศัพท์วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี (2559) ได้ให้นิยามว่า ความคิดสร้างสรรค์ คือ ความสามารถทางสมองของมนุษย์ที่คิดได้กว้างไกล หลายแง่มุม หลายทิศทาง นำไปสู่การคิดประดิษฐ์สิ่งของ และแนวทางการแก้ปัญหาใหม่ โดยอาศัยข้อมูล ความรู้ และประสบการณ์ โดยความคิดสร้างสรรค์ มี 4 ลักษณะ ประกอบด้วย ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดละออ

CHULALONGKORN UNIVERSITY

Clary et al. (2011) ได้กล่าวถึงองค์ประกอบของความคิดแบบเอนกนัย (Divergent thinking) ที่เสนอโดย Guildford ไว้ทั้งหมด 4 องค์ประกอบได้แก่ ความคิดคล่อง (Fluency) ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) ความคิดริเริ่ม (Originality) และความคิดละเอียดละออ (Elaboration) องค์ประกอบทั้งหมดนี้สามารถนำมาใช้ประเมินนักเรียนผู้มีความคิดสร้างสรรค์ได้

Feist (2011) ได้ให้ความหมายของคำว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Creativity) ไว้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิดหรือพฤติกรรมใดๆ ที่มีทั้งความใหม่ (Novel) และเป็นประโยชน์ (Useful) โดยความสร้างสรรค์จะปรากฏออกมาในรูปของความคิดหรือพฤติกรรมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ผ่านทางกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science process) ได้แก่ การสร้างทฤษฎีและการสร้างสมมติฐาน การทำวิจัยและการออกแบบการทดลอง

และการเผยแพร่ และนำเสนอผลการทดลอง โดยได้กล่าวถึงองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่เสนอโดย Torrence ไว้ 3 องค์ประกอบ ดังนี้

1. ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง การมีความคิดที่หลากหลาย
2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง การมีความคิดที่จัดเป็นหมวดหมู่ได้หลากหลาย
3. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง การมีความคิดที่ใหม่และไม่เหมือนใคร

Madden et al. (2013) อธิบายว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็นความคิดแบบเอนกนัย (Divergent thinking) ซึ่งเป็นการคิดเพื่อให้ได้มาซึ่งการหาทางแก้ปัญหาที่หลากหลายและมีความเป็นไปได้ ต่างจากความคิดแบบเอกนัย (Convergent thinking) ที่คิดเพื่อมุ่งหาวิธีแก้ปัญหาเพียงวิธีเดียว โดยกล่าวถึงการศึกษาเชิงปฏิบัติการของแต่ละองประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ดังต่อไปนี้

1. ความคิดคล่อง (Fluency) ศึกษาได้จากจำนวนของคำตอบหรือการโต้ตอบของปัญหา
2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) ศึกษาได้จากจำนวนของประเภทหรือจำนวนหมวดหมู่ของคำตอบหรือการตอบสนองที่แตกต่างกัน
3. ความคิดริเริ่ม (Originality) ศึกษาได้จากการตอบสนองหรือคำตอบที่มีความโดดเด่นเฉพาะตัว

Ayas & Sak (2014) ได้ให้นิยามว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific creativity) คือ ความสามารถในการสร้างความคิด (Idea) หรือผลิตภัณฑ์ (Product) ใหม่ที่เกี่ยวข้องกับบริบท (Context) และมีความสำคัญหรือมีประโยชน์ต่อวิทยาศาสตร์ จากคำนิยามนี้ ความคิดใดที่เป็นความคิดใหม่ไม่เหมือนใครแต่ไม่เกี่ยวข้องกับบริบทหรือไม่มีประโยชน์ใด ๆ จะไม่ถูกพิจารณาว่าสร้างสรรค์ นอกจากนี้ยังนิยามองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 2 องค์ประกอบจากวิธีการวัด ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง จำนวนคำตอบที่ถูกต้อง
2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง จำนวนหมวดหมู่ของคำตอบที่ถูกต้อง

จากการศึกษาความหมายและองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มุ่งเน้นไปที่ความสามารถในการคิดและพฤติกรรมที่แสดงออกผ่านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยความคิดนั้นจะต้องเป็นประโยชน์หรือสามารถนำไปใช้แก้ปัญหาหนึ่ง ๆ ได้ โดยองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่พบและสอดคล้องกับวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม จากข้อมูลที่พบสามารถสรุปได้ว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการคิดอย่างรวดเร็ว หลากหลายแนวทาง มีความใหม่และเป็นประโยชน์ต่อวิทยาศาสตร์ นำไปสู่การแก้ปัญหาหรือการสร้างสิ่งประดิษฐ์ โดยประกอบด้วย

องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 3 องค์ประกอบคือ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม โดยสามารถสรุปนิยามของแต่ละองค์ประกอบได้ ดังนี้

1. ความคิดคล่อง (Fluency) หมายถึง ความสามารถในการคิดคำตอบได้ถูกต้องและมีจำนวนมากในเวลาที่จำกัด

2. ความคิดยืดหยุ่น (Flexibility) หมายถึง ความสามารถในคิดคำตอบได้ถูกต้องและมีความหลากหลายของหมวดหมู่ หรือมีหลายแนวทาง

3. ความคิดริเริ่ม (Originality) หมายถึง ความสามารถในการคิดคำตอบที่แปลกใหม่ มีความโดดเด่นและสอดคล้องกับบริบท

2.3 แนวทางการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาบทความที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาตร์ พบว่า มีแนวทางการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้จากการเขียนตอบและการประเมินการปฏิบัติ โดยพบเครื่องมือ 2 รูปแบบ ได้แก่ (1) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Test) และ (2) แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการ (Performance assessment) โดยเครื่องมือที่ออกแบบในรูปของแบบวัดเป็นข้อสอบในลักษณะเขียนตอบ ส่วนแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการเป็นลักษณะของการใช้รูบริคประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยมีรายละเอียดและตัวอย่างของเครื่องมือ ดังต่อไปนี้

1) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

Newton (2010) กล่าวว่า ในทางการศึกษาวิทยาศาสตร์ ความคิดสร้างสรรค์เปรียบเหมือนการรวมกันของความคิดสร้างสรรค์ทั่วไป (General creativity) กับการคิดวิเคราะห์ (Critical thinking) ดังนั้นการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จึงต้องมีสถานการณ์ที่เอื้อต่อการจินตนาการทางวิทยาศาสตร์ (Imagining scientific situation) ที่แบ่งออกได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. สร้างสรรค์ในการสร้างสมมติฐาน (Creativity in the hypothesis space) การสร้างความเข้าใจและการสร้างคำอธิบาย

2. สร้างสรรค์ในการตรวจสอบหรือทดลอง (Creativity on the experimental space) การวางแผนเพื่อตรวจสอบหรือทดสอบทฤษฎีหรือสมมติฐาน

3. สร้างสรรค์ในการประยุกต์ (Creativity in the application space) การประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อแก้ปัญหา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Usta & Akkanat (2015) ได้พัฒนาเครื่องมือในการพิจารณาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีชื่อว่า Science Creativity Test (SCT) โดยพิจารณาลักษณะของการคิด 3 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม ที่แสดงออกผ่านทางทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การทำนาย (Make a prediction) การจำแนก (Classification) การกำหนดปัญหาวิจัย (Scientific problem) การสร้างสมมติฐาน (Formulating hypothesis) และการสร้างและปรับปรุงผลิตภัณฑ์ (Creative product development/Reconstruction) โดยมีตัวอย่างเครื่องมือและเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

1. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ มีจำนวน 10 ข้อ เป็นคำถามปลายเปิดทั้งหมด มุ่งวัด 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม โดยข้อ 1-9 จะวัดได้ทั้ง 3 องค์ประกอบ และข้อ 10 จะวัดเฉพาะความคิดริเริ่ม

2. เกณฑ์การให้คะแนนความคิดคล่อง ประเมินจากจำนวนของคำตอบที่ถูกต้องและสอดคล้องกับข้อคำถาม

3. เกณฑ์การให้คะแนนความคิดยืดหยุ่น ประเมินจากจำนวนของกลุ่มคำตอบที่ถูกต้องและสอดคล้องกับข้อคำถาม

4. เกณฑ์การให้คะแนนความคิดริเริ่ม ประเมินได้จากจำนวนความถี่ของคำตอบที่ได้รับทั้งหมด หากคำตอบมีจำนวนผู้ตอบน้อยกว่าร้อยละ 5 ของจำนวนความถี่ของคำตอบทั้งหมด ผู้ที่ตอบคำตอบนั้นจะได้รับ 2 คะแนน หากคำตอบมีจำนวนผู้ตอบร้อยละ 5 ถึง 10 ของจำนวนความถี่ของคำตอบทั้งหมด ผู้ที่ตอบคำตอบนั้นจะได้รับ 1 คะแนน และหากคำตอบมีจำนวนผู้ตอบมากกว่าร้อยละ 10 ของจำนวนความถี่ของคำตอบทั้งหมด ผู้ที่ตอบคำตอบนั้นจะได้รับ 0 คะแนน

5. สำหรับข้อ 10 ใช้รูบริควัดความคิดริเริ่มในการให้คะแนน เนื่องจากให้ออกแบบผลงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Ayas & Sak (2013) ได้พัฒนาเครื่องมือวัดที่มีชื่อว่า Creative Scientific Ability Test (C-SAT) เพื่อใช้วัดศักยภาพของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยทดสอบกับเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เนื้อหาใดเนื้อหาหนึ่ง และแบ่งการวัดออกเป็น 3 กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การสร้างสมมติฐาน (Hypothesis generation) การทดสอบสมมติฐาน (Hypothesis testing) และการประเมินหลักฐาน (Evidence evaluation) ซึ่งในแต่ละกระบวนการทางวิทยาศาสตร์แบ่งองค์ประกอบของการวัดอีกเป็น 2 องค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ ได้แก่ การคิดคล่อง (Fluency) การคิดยืดหยุ่น (Flexibility) โดยมีลักษณะและรายละเอียดของตัวอย่างเครื่องมือและเกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. ข้อคำถามของเครื่องมือเป็นคำถามปลายเปิดทั้งหมด

2. เครื่องมือวัดแบ่งชุดคำถามเป็นทั้งหมด 5 ชุด (Subtest) ตัวอย่างชุดคำถาม 2 ชุด ที่เกี่ยวข้องกับเนื้อหาชีววิทยา ได้แก่ คำถามการทดลองของแมลงวัน และ คำถามของโซ่อาหาร

2.1 คำถามการทดลองเกี่ยวกับแมลงวัน (Fly experiment): ใช้วัดองค์ประกอบความคิดคล่อง และความคิดยืดหยุ่น จากการสร้างสมมติฐานในเนื้อหาชีววิทยา โดยให้รูปภาพเกี่ยวกับการออกแบบการทดลองเกี่ยวกับแมลงวันของนักวิจัยท่านหนึ่ง และให้นักเรียนสร้างสมมติฐานมาให้ได้มากที่สุดที่นักวิจัยสามารถนำสมมติฐานมาทดสอบได้

2.2 คำถามของโซ่อาหาร (Food chain): ใช้วัดองค์ประกอบความคิดคล่องและความคิดยืดหยุ่น จากการประเมินหลักฐานในเนื้อหาเรื่องระบบนิเวศ โดยให้รูปภาพโซ่อาหารและกราฟเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของโซ่อาหารนั้นๆ และให้นักเรียนคิดสาเหตุที่ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว

Hu & Adey (2002) ได้สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่สอดคล้องกับโมเดลโครงสร้างความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Scientific Structure Creativity Model: SCSM) ทั้งนี้มุ่งวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาตร์ 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่มด้วยแบบวัดประเภทเขียนตอบ ประกอบไปด้วยคำถามทั้งหมด 7 ข้อ ภายในเวลา 60 นาที โดยแต่ละข้อวัดองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้หลากหลาย ประกอบด้วย ข้อที่ 1-4 วัดได้ทั้ง 3 องค์ประกอบในข้อเดียว และข้อที่ 5-7 วัดได้ในองค์ประกอบความคิดยืนหยุ่นและความคิดริเริ่ม โดยข้อที่ 5 ใช้คำถามที่เน้นการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ ข้อที่ 6 ใช้คำถามที่ทดสอบความสามารถในการทดลองเชิงสร้างสรรค์ (Creative experimental ability) และข้อที่ 7 ทดสอบความสามารถในการออกแบบผลิตภัณฑ์ทางวิทยาศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ (Creativie science product design ability) โดยมีข้อคำถามดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 2.2 ตัวอย่างข้อคำถามและเกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Hu & Adey, 2002)

ข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน
<u>ข้อที่ 1-4</u>: วัดความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม ข้อที่ 1 จงเขียนประโยชน์ของแก้วที่มีต่อการปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มาให้ได้มากที่สุด ข้อที่ 2 ถ้านักเรียนมีโอกาสได้ไปเที่ยวนอกโลกและไปที่ดาวดวงอื่น คำถามทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนอยากศึกษามีอะไรบ้าง จงเขียนให้ได้มากที่สุด ข้อที่ 3 จงคิดวิธีที่ทำให้จักรยานธรรมดาๆ ขันหนึ่งมีความน่าสนใจ ใช้ประโยชน์ได้มากขึ้น และมีความสวยงามมากขึ้น จงเขียนให้ได้มากที่สุด ข้อที่ 4 สมมติว่าไม่มีแรงดึงดูดของโลก นักเขียนคิดว่าโลกจะเป็นอย่างไร จงเขียนคำตอบให้ได้มากที่สุด	คะแนนของแต่ละข้อได้มาจากการรวมกันขององค์ประกอบทั้ง 3 โดยแต่ละองค์ประกอบคิดคะแนนได้ดังนี้ 1. ความคิดคล่อง นับจำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำและมีความเป็นไปได้ 2. ความคิดยืดหยุ่น นับจำนวนกลุ่มหรือแนวทางของคำตอบที่ไม่ซ้ำกันและมีความเป็นไปได้ 3. ความคิดริเริ่ม คำนวณจากความถี่ของคำตอบออกมาเป็นค่าร้อยละ ดังนี้ 3.1 ความถี่ของคำตอบที่ได้ มีค่าน้อยกว่าร้อยละ 5 ของความถี่คำตอบทั้งหมด คิดเป็น 2 คะแนน 3.2 ความถี่ของคำตอบที่ได้ มีค่าระหว่างร้อยละ 5 ถึง 10 ของความถี่คำตอบทั้งหมด คิดเป็น 1 คะแนน 3.3 ความถี่ของคำตอบที่ได้ มีค่ามากกว่าร้อยละ 10 ของความถี่คำตอบทั้งหมด คิดเป็น 0 คะแนน
<u>ข้อที่ 5</u> ใช้คำถามที่เน้นการแก้ปัญหาทางวิทยาศาสตร์ *วัดความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม* ข้อที่ 5 จงหาวิธีแบ่งสี่เหลี่ยม 1 รูปออกเป็น 4 ส่วนเท่าๆกัน จงวาดรูปลงในกระดาษคำตอบให้ได้มากที่สุด	คำนวณจากความถี่ของคำตอบออกมาเป็นค่าร้อยละ ดังนี้ 1. ความถี่ของคำตอบที่ได้ มีค่าน้อยกว่าร้อยละ 5 ของความถี่คำตอบทั้งหมด คิดเป็น 3 คะแนน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน
	2. ความถี่ของคำตอบที่ได้ มีค่าระหว่างร้อยละ 5 ถึง 10 ของความถี่คำตอบทั้งหมด คิดเป็น 2 คะแนน 3. ความถี่ของคำตอบที่ได้ มีค่ามากกว่าร้อยละ 10 ของความถี่คำตอบทั้งหมด คิดเป็น 1 คะแนน
<u>ข้อที่ 6</u> ใช้คำถามที่วัดความสามารถในการทดลองเชิงสร้างสรรค์ (Creative experimental ability) *วัดความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม* ข้อที่ 6 มีกระดาษเช็ดหน้าอยู่ 2 แบบ นักเรียนจะตรวจสอบได้อย่างไรบ้างว่ากระดาษเช็ดหน้าแบบใดดีกว่า จงเขียนวิธีการให้มากที่สุด พร้อมระบุเครื่องมือ หลักการ และขั้นตอนการตรวจสอบ	คะแนนของแต่ละข้อได้มาจากการรวมกันขององค์ประกอบทั้ง 2 โดยแต่ละองค์ประกอบคิดคะแนนได้ดังนี้ 1. ความคิดยืนหยุ่น มีคะแนนเต็ม 9 คะแนน จากคำตอบ 1 วิธีการที่ถูกต้อง คิดจากคะแนนเครื่องมือ 3 คะแนน คะแนนหลักการ 3 คะแนน และคะแนนขั้นตอน 3 คะแนน 2. ความคิดริเริ่ม คำนวณจากความถี่ของคำตอบของวิธีการออกมาเป็นค่าร้อยละ ดังนี้ 2.1 ความถี่ของคำตอบที่ได้ มีค่าน้อยกว่าร้อยละ 5 ของความถี่คำตอบทั้งหมด คิดเป็น 4 คะแนน 2.2 ความถี่ของคำตอบที่ได้ มีค่าระหว่างร้อยละ 5 ถึง 10 ของความถี่คำตอบทั้งหมด คิดเป็น 2 คะแนน 2.3 ความถี่ของคำตอบที่ได้ มีค่ามากกว่าร้อยละ 10 ของความถี่คำตอบทั้งหมด คิดเป็น 0 คะแนน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน
ข้อที่ 7 ทดสอบความสามารถในการออกแบบผลิตภัณฑ์ทางวิทยาศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ (Creativie science product design ability) *วัดความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม* ข้อที่ 7 จงออกแบบเครื่องบรรจุแอปเปิ้ล 1 เครื่อง โดยวาดรูปพร้อมระบุชื่อและหน้าที่ของแต่ละส่วนของเครื่อง	ให้นับจำนวนหน้าที่ของเครื่องของแต่ละส่วนที่ไม่ซ้ำและให้คะแนนหน้าที่ละ 3 คะแนน

Aktamis et al. (2005) ได้นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของ Hu & Adey (2002) ที่ได้กล่าวข้างต้นมาปรับข้อคำถามให้มีความเหมาะสมมากขึ้น และมีเกณฑ์การให้คะแนนที่คล้ายคลึงกัน โดยปรับเป็นแบบวัดประเภทอัตนัย จำนวน 6 ข้อคำถาม ใช้เวลาภายใน 40 นาที ต่างจากเดิมที่ใช้เวลา 60 นาที ดังนี้

ตารางที่ 2.3 ตัวอย่างข้อคำถามและเกณฑ์การให้คะแนนของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Aktamis et al, 2005)

ข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน
ข้อที่ 1-4: วัดความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม ในข้อเดียว ข้อที่ 1a จงเขียนประโยชน์ของการใช้ขวดน้ำพลาสติกในปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มาให้ได้มากที่สุด ข้อที่ 1b จงเขียนประโยชน์ของการใช้กระป๋องในปฏิบัติการวิทยาศาสตร์มาให้ได้มากที่สุด ข้อที่ 2 ถ้านักเรียนสามารถสร้างเครื่องย้อนเวลาได้ จะย้อนไปช่วงเวลาใด และคำถามทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนอยากศึกษามีอะไรบ้าง จงเขียนให้ได้มากที่สุด	คะแนนของแต่ละข้อจะได้มาจากการรวมกันขององค์ประกอบทั้ง 3 โดยแต่ละองค์ประกอบคิดคะแนนได้ดังนี้ 1. ความคิดคล่อง นับจำนวนคำตอบที่ไม่ซ้ำและมีความเป็นไปได้ 2. ความคิดยืดหยุ่น นับจำนวนกลุ่มหรือแนวทางของคำตอบที่ไม่ซ้ำกันและมีความเป็นไปได้ 3. ความคิดริเริ่ม คำนวณจากความถี่ของคำตอบออกมาเป็นค่าร้อยละ ดังนี้

ข้อคำถาม	เกณฑ์การให้คะแนน
ข้อที่ 3 จงคิดวิธีที่จะทำให้กระเป๋านักเรียนธรรมดาๆ 1 ใบมีความน่าสนใจ ใช้ประโยชน์ได้มากขึ้นและมีความสวยงามมากขึ้น จงเขียนให้ได้มากที่สุดพร้อมอธิบายเหตุผลว่าเหตุใดจึงต้องใช้วิธีนั้นและวิธีที่กล่าวนั้นเหมาะสมอย่างไร ข้อที่ 4a สมมติว่าไม่มีกลางคืน มีเพียงกลางวันอย่างเดียว นักเขียนคิดว่าโลกจะเป็นอย่างไร จงเขียนคำตอบให้ได้มากที่สุด ข้อที่ 4b สมมติว่าโลกไม่หมุนรอบอาทิตย์ นักเขียนคิดว่าโลกจะเป็นอย่างไร จงเขียนคำตอบให้ได้มากที่สุด	3.1 ความถี่ของคำตอบที่ได้ มีค่าน้อยกว่าร้อยละ 5 ของความถี่คำตอบทั้งหมด คิดเป็น 2 คะแนน 3.2 ความถี่ของคำตอบที่ได้ มีค่าระหว่างร้อยละ 5 ถึง 10 ของความถี่คำตอบทั้งหมด คิดเป็น 1 คะแนน 3.3 ความถี่ของคำตอบที่ได้ มีค่ามากกว่าร้อยละ 10 ของความถี่คำตอบทั้งหมด คิดเป็น 0 คะแนน
ข้อที่ 5 ใช้คำถามที่วัดความสามารถในการทดลองเชิงสร้างสรรค์ (Creative experimental ability) *วัดความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม* ข้อที่ 5 มีกระดาษชำระอยู่ 2 แบบ นักเรียนจะสามารถตรวจสอบได้อย่างไรบ้างว่ากระดาษชำระแบบใดดีกว่า จงเขียนวิธีการให้มากที่สุดพร้อมระบุเครื่องมือ หลักการ และขั้นตอนการตรวจสอบ	ให้คะแนนจากการนับจำนวนตัวแปรต้นที่ไม่ซ้ำ ตัวแปรละ 1 คะแนน
ข้อที่ 6 ทดสอบความสามารถในการออกแบบผลิตภัณฑ์ทางวิทยาศาสตร์เชิงสร้างสรรค์ (Creativie science product design ability) *วัดความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม* ข้อที่ 6 จงออกแบบเครื่องบรรจุแอปเปิ้ล 1 เครื่อง โดยวาดรูปพร้อมระบุชื่อและหน้าที่ของแต่ละส่วนของเครื่อง	ให้นับจำนวนหน้าที่ของเครื่องของแต่ละส่วนที่ไม่ซ้ำและให้คะแนนหน้าที่ละ 3 คะแนน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Yang et al. (2016) ได้พัฒนาเครื่องมือวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ในส่วนของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ประเภทอัตนัย ประกอบด้วยข้อคำถามปลายเปิด 7 ข้อ ซึ่งเป็นคำถามที่ประเมินความคิดสร้างสรรค์แบบอเนกนัย (Divergent creativity) โดยมีตัวอย่างข้อถาม ดังนี้ “สมมติว่าไม่มีดวงอาทิตย์ นักเรียนคิดว่าโลกจะเป็นอย่างไร” สำหรับเกณฑ์การให้คะแนนใช้เกณฑ์เดียวกับ Hu & Adey (2002) ซึ่งวัดได้ทั้งความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่มได้ในข้อเดียว

Torrance (1992) อธิบายเกณฑ์การให้คะแนนเพื่อวัดระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละองค์ประกอบ โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

1. ความคิดคล่อง ให้คะแนนจากจำนวนคำตอบทั้งหมดที่สอดคล้องกับข้อคำถามและเป็นคำตอบที่ไม่ซ้ำ ภายในเวลาที่กำหนด โดยจะได้คำตอบละ 1 คะแนน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

1.1 จำนวนคำตอบที่สอดคล้อง 10 คำตอบขึ้นไป ได้ 4 คะแนน ระดับดีมาก
1.2 จำนวนคำตอบที่สอดคล้อง 7-9 คำตอบ ได้ 3 คะแนน ระดับดี
1.3 จำนวนคำตอบที่สอดคล้อง 4-6 คำตอบ ได้ 2 คะแนน ระดับพอใช้
1.4 จำนวนคำตอบที่สอดคล้อง 1-3 คำตอบ ได้ 1 คะแนน ระดับควรปรับปรุง

2. ความคิดยืดหยุ่น ให้คะแนนจากจำนวนกลุ่มของคำตอบที่สอดคล้องกับข้อคำถามและมีแนวทางเดียวกัน

2.1 จำนวนกลุ่มคำตอบ 6 กลุ่มขึ้นไป ได้ 4 คะแนน ระดับดีมาก
2.2 จำนวนกลุ่มคำตอบ 4-5 กลุ่ม ได้ 3 คะแนน ระดับดี
2.3 จำนวนกลุ่มคำตอบ 2-3 กลุ่ม ได้ 2 คะแนน ระดับพอใช้
2.4 จำนวนกลุ่มคำตอบ 1 กลุ่ม ได้ 1 คะแนน ระดับควรปรับปรุง

3. ความคิดริเริ่ม ให้คะแนนจากการพิจารณาคำตอบที่มีสอดคล้องกับข้อคำถามและมีความแตกต่างจากคำตอบของนักเรียนทั้งห้อง โดยมีเกณฑ์การพิจารณาดังนี้

3.1 คำตอบที่มีผู้ตอบ 1 คน ได้ 4 คะแนน ระดับดีมาก
3.2 คำตอบที่มีผู้ตอบ 2-3 คน ได้ 3 คะแนน ระดับดี
3.3 คำตอบที่มีผู้ตอบ 4-6 คน ได้ 2 คะแนน ระดับพอใช้
3.4 คำตอบที่มีผู้ตอบตั้งแต่ 7 คนขึ้นไป ได้ 1 คะแนน ระดับควรปรับปรุง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2) แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์เชิงปฏิบัติการ

Clary et al. (2011) ได้ออกแบบแบบประเมินเชิงปฏิบัติการโดยการใช้รูบริคเพื่อประเมินและแบ่งระดับคุณภาพของชิ้นงานการออกแบบการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ (Creative abstract design solution) ในกรณีนี้ได้ทำการประเมินโดยให้นักเรียนออกแบบการแก้ปัญหาของสวนสาธารณะ (Landscape design solutions) โดยกำหนดเกณฑ์การพิจารณาทั้งหมด 6 ด้าน ได้แก่ การอธิบาย (Explanation) ความคิดของการออกแบบ (Design concept) การตีความ (Interpretation) ความคิดละเอียดละออ (Elaboration) โครงสร้าง (Forms/Structure) ความคิดริเริ่ม (Originality/Novelty) โดยมีตัวอย่างของรูบริคดังตารางที่ 2.4

ตารางที่ 2.4 รูบริคประเมินการออกแบบการแก้ปัญหาสวนสาธาณะ (Clary et al., 2011)

เกณฑ์การพิจารณา	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3
การอธิบาย (Explanation)	- อธิบายเพียงผิวเผิน - ขาดการวิเคราะห์และการอธิบายที่เพียงพอ - มีความคิดที่แคบ	- มีกระบวนการคิดที่เป็นของตัวเอง	- มีการอธิบายด้วยหลักการและเหตุผล - มีหลักฐานสนับสนุน - อธิบายอย่างเป็นธรรม
ความคิดของการออกแบบ (Design concept)	- มีแนวความคิดธรรมดาทั่วไป	- มีแนวความคิดที่ถูกเขียนได้ดีและได้รับการอ้างอิง	- มีแนวความคิดที่ก้าวหน้า มีความใหม่ - มีการกระตุ้นด้วยข้อความที่ดึงดูงใจ
การตีความ (Interpretation)	- ไม่มีการตีความ - ตีความได้ไม่เข้าใจ	- มีการตีความที่ได้วิเคราะห์ เป็นประโยชน์และมีความสำคัญ	- มีการตีความที่วิเคราะห์ได้ดี มีพลังและเห็นภาพชัดเจน และมีความลึกซึ้ง
ความคิดละเอียดละออ (Elaboration)	- มีรายละเอียดของความคิดน้อย	- มีการขยายรายละเอียดของความคิด	- มีรายละเอียดมีมากเห็นภาพและเรียบร้อย
โครงสร้าง (Forms/structure)	- มีโครงสร้างของการออกแบบเป็นแบบพื้นฐานทั่วไป	- มีโครงสร้างของการออกแบบที่ดีและส่งเสริมตัวต้นแบบ	- มีโครงสร้างของการออกแบบที่ซับซ้อนหรือใหม่และสะท้อนแนวคิดได้ดี
ความคิดริเริ่ม (Originality/Novelty)	- มีความคิดที่เห็นได้โดยทั่วไป	- มีความคิดปกติและมีองค์ประกอบ	- มีความคิดที่ซับซ้อนและแปลกแตกต่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นอกจาก Yang et al. (2016) ออกแบบในส่วนของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ประเภทเขียนตอบแล้ว ยังมีอีกส่วนของเครื่องมือวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นคำถามปลายเปิด 2 ข้อคำถาม เพื่อวัดความคิดสร้างสรรค์แบบเอกนัย (Convergent creativity) โดยมีการให้สถานการณ์และอุปกรณ์จริงสำหรับนักเรียนที่จะได้ทำการทดสอบ โดยมีตัวอย่างสถานการณ์ ดังนี้ “จงหาวิธีที่จะผูกเชือก 2 เส้นเข้าด้วยกัน โดยปลายเชือกเส้นใดเส้นหนึ่งจะต้องติดบนเพดานของห้อง และเชือกทั้ง 2 เส้นที่ให้มาอยู่ไกลเกินกว่าที่มือจะเอื้อมถึงได้ เพื่อจะแก้ปัญหาดังกล่าว ครูได้เตรียมอุปกรณ์ไว้ให้นักเรียน ประกอบด้วย เก้าอี้ ยางรัดของ ลูกบอลแก้ว เหยือกแก้ว และคีมคีบ”

สำหรับการประเมินจะใช้รูบริค คะแนนเต็ม 4 คะแนน ดังนี้

ตารางที่ 2.5 รูบริคเกณฑ์การประเมินความคิดสร้างสรรค์จากคุณลักษณะผลงาน (Yang et al., 2016)

ระดับคะแนน	เกณฑ์การประเมินคุณลักษณะของผลงาน จากจำนวนวิธีการประยุกต์และการเขียนคำอธิบาย
4 คะแนน	แสดงวิธีการประยุกต์ (conceptual application) มากกว่า 3 คำตอบ และมีคำอธิบายที่ชัดเจนในแต่ละวิธีการประยุกต์ใช้
3 คะแนน	แสดงวิธีการประยุกต์ 3 คำตอบ และมีคำอธิบายบางส่วนไม่ครบทุกวิธี
	แสดงวิธีการประยุกต์ 2 คำตอบ และมีคำอธิบายที่น่าพอใจและเพียงพอในแต่ละวิธีการประยุกต์
2 คะแนน	แสดงวิธีการประยุกต์ 2 คำตอบ และมีคำอธิบายบางส่วนที่ยอมรับได้
	แสดงวิธีการประยุกต์ 1 คำตอบ และมีคำอธิบายที่ยอมรับได้
1 คะแนน	แสดงวิธีการประยุกต์ 1 คำตอบ และมีคำอธิบายบางส่วนไม่สมบูรณ์
0 คะแนน	ไม่ตอบคำถาม หรือ ไม่มีคำตอบที่เป็นไปได้

จากข้อมูลที่พบข้างต้นจะสังเกตได้ว่า แนวทางการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นในรูปแบบของการเขียนตอบจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ใช้คำถามปลายเปิด ซึ่งคำถามอาจประกอบไปด้วยรูปภาพ ตัวอย่างของการออกแบบการทดลอง หรือสถานการณ์ที่ให้คาดคะเนคำตอบ คิดหาวิธีตรวจสอบหรือแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวัน หรือ คิดคำถามวิจัยที่อยากจะศึกษา เพื่อมุ่งวัดองค์ประกอบของความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม ผ่านทางกระบวนการทางวิทยาศาตร์ ได้แก่ การสร้างสมมติฐานให้ถูกต้องและให้ได้จำนวนมากที่สุด และ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การหาสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นให้ได้หลากหลาย ในขณะที่การประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ในรูปแบบของแบบประเมินเชิงปฏิบัติการโดยการใช้รูบริค แบ่งเกณฑ์การพิจารณาชิ้นงานหรือการออกแบบได้หลายด้านและประเมินได้จากผลงานของนักเรียนโดยตรง อีกทั้งนักเรียนจะเห็นการพัฒนาผลงานของตนเองได้ชัดเจนจากการประเมินรูปแบบนี้ในการปรับปรุงผลงานครั้งถัดไป ดังนั้นแนวทางการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์นอกจากจะใช้การวัดด้วยแบบวัดประเภทอัตนัยแล้ว แบบประเมินเชิงปฏิบัติการจากการใช้รูบริคเป็นอีกวิธีการหนึ่งที่สามารถวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้เช่นกัน

จากการศึกษาแนวทางการวัดประเมินและตัวอย่างเครื่องมือวัดประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า มีเครื่องมือวัดประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 2 รูปแบบ ได้แก่ (1) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ลักษณะเขียนตอบ โดยแบบวัดของ Aktamis et al. (2005) เป็นแบบวัดที่สามารถวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ครอบคลุมและตรงประเด็นทุกองค์ประกอบได้อย่างชัดเจนและเกณฑ์การให้คะแนนของ Torrance (1992) มีการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนอย่างละเอียด อีกทั้งมีการแบ่งระดับของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์อย่างชัดเจนในแต่ละองค์ประกอบ (2) แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการในรูปแบบรูบริค ประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้จากกิจกรรมที่นักเรียนลงมือปฏิบัติผ่านการการออกแบบและการสร้างผลงาน หากใช้เครื่องมือวัดประเมินทั้ง 2 รูปแบบร่วมกันเพื่อสนับสนุนข้อมูลอาจทำให้แน่ใจว่านักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาตร์ได้ชัดเจนมากขึ้น

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

ในการศึกษาเรื่องผลสัมฤทธิ์ทางเรียนแบ่งหัวข้อการศึกษาออกเป็น 2 ประเด็น ได้แก่ (1) ความสำคัญและความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (2) ด้านพฤติกรรมของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ (3) แนวทางในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

3.1 ความสำคัญและความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

การวัดและประเมินผลมีความสำคัญในการเรียนการสอน และมีความสัมพันธ์กับผลการเรียนรู้ ซึ่งเป็นลักษณะพฤติกรรมที่คาดว่าจะเกิดขึ้นกับผู้เรียนเมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเป็นการวัดและประเมินผลที่แสดงถึงการเรียนรู้ของผู้เรียน ช่วยทำให้ผู้สอนทราบว่าผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้หรือไม่ โดยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถตรวจสอบและบ่งบอกพฤติกรรมของผู้เรียนได้ครอบคลุม ครบถ้วนตามกรอบของเนื้อหาที่กำหนด ทั้งนี้ทำให้ผู้สอนสามารถรับรู้ศักยภาพของผู้เรียน พัฒนาการสอนของตนเองให้สอดคล้องกับ

การเรียนรู้ของผู้เรียน และดูแลช่วยเหลือผู้เรียนในส่วนที่ผู้เรียนยังบกพร่องได้ต่อไป (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข, 2548; โชติกา ภาษีผล และคณะ, 2558)

จากการศึกษาความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน โชติกา ภาษีผล และคณะ (2558) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (Achievement) เป็นความสามารถที่เป็นผลมาจากประสบการณ์การเรียนรู้ที่ผู้เรียนได้รับจากการเรียนการสอนในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่งที่ผ่านมา ซึ่งสอดคล้องกับ Good (1973) ที่ได้กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความรู้หรือทักษะอันเกิดจากการเรียนรู้ที่ได้เรียนมาแล้วและเกิดจากผลการสอนของครูผู้สอน ซึ่งคล้ายคลึงกับนิยามของ ไพศาล หวังพานิช (2536) ที่กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง คุณลักษณะและความสามารถของบุคคลอันเกิดจากการเรียนการสอนที่เกิดขึ้นจากการฝึกอบรมและสามารถตรวจสอบระดับความสามารถและความรู้ของบุคคลหลังจากได้รับการเรียนการสอน

จากการศึกษาความสำคัญและความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถสรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ความสามารถในการเรียนรู้ของบุคคลที่เป็นผลมาจากประสบการณ์การเรียนรู้ที่ได้รับจากการเรียนการสอน โดยมีความสำคัญกับทั้งครูผู้สอนและผู้เรียน เนื่องจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนช่วยให้ครูทราบถึงระดับความรู้และความสามารถของผู้เรียนได้ครอบคลุมเนื้อหา เพื่อนำไปพัฒนาการจัดการเรียนการสอนให้สอดคล้องกับศักยภาพผู้เรียนและช่วยเหลือผู้เรียนให้มีระดับความรู้และความสามารถที่สูงขึ้น

3.2 ด้านพฤติกรรมของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ด้านพฤติกรรมของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนแตกต่างกันตามแนวคิดและทฤษฎี ยกตัวอย่าง เช่น ด้านพฤติกรรมของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามทฤษฎีของ Bloom หรือ หลักของ Klopfer เป็นต้น สำหรับทฤษฎีของ Bloom ประกอบด้วยด้านพฤติกรรม 3 ด้าน ได้แก่ (1) ด้านพุทธิพิสัย เพื่อมุ่งวัดพัฒนาการทางปัญญาของนักเรียนที่มีทั้งหมด 6 ขั้น ได้แก่ ขั้นความรู้จำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การประเมินค่าและการสร้างสรรค์ (2) ด้านจิตพิสัย เพื่อมุ่งวัดพัฒนาการด้านความรู้สึก ความสนใจ และเจตคติของนักเรียน เป็นต้น และ (3) ด้านทักษะพิสัย เพื่อวัดพัฒนาการด้านทักษะของนักเรียน เช่น การใช้อุปกรณ์และเครื่องมือต่าง ๆ อย่างถูกต้อง (Bloom, 1956; Klopfer, 1971)

ในทางการศึกษาวิทยาศาสตร์ หากใช้หลักของ Klopfer (1971) ซึ่งเป็นการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ด้านพุทธิพิสัย ประกอบด้วยด้านพฤติกรรมทั้งหมด 4 ด้าน ได้แก่ (1) ความรู้ความจำ (2) ความเข้าใจ (3) กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 4) การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข, 2548) ซึ่งมีรายละเอียดดังนี้

1. ด้านความรู้ความจำ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนแสดงว่ามีความจำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้เรียนรู้จากการค้นคว้าด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จากการอ่านหนังสือ หรือฟังบรรยาย เป็นต้น

2. ด้านความเข้าใจ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนใช้ความคิดที่สูงกว่าความรู้ความจำ มีความเข้าใจความรู้ทางวิทยาศาสตร์และแปลความหมายของความรู้วิทยาศาตร์ต่างๆได้

3. ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนแสวงหาความรู้ และแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาตร์ ซึ่งต้องอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ (Scientific method) ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Science process) และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ (Scientific attitude)

4. ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาตร์ไปใช้ หมายถึง พฤติกรรมที่นักเรียนนำความรู้ทางวิทยาศาตร์ตลอดจนวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้

3.3 แนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

การวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งสามารถแบ่งประเภทของแบบทดสอบเป็น 2 ประเภท ได้แก่ แบบทดสอบประเภทเสนอคำตอบ (Supply type) และแบบทดสอบประเภทเลือกตอบ (Selection type) (โชติกา ภาษีผล และคณะ, 2558) โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. แบบทดสอบประเภทเสนอคำตอบ (Supply type) จำแนกได้เป็น 4 ประเภท ดังนี้
    1. แบบทดสอบความเรียงไม่จำกัดคำตอบ (Essay-extended)
    2. แบบทดสอบความเรียงจำกัดคำตอบ (Essay-restricted)
    3. แบบทดสอบตอบสั้น (Short answer)
    4. แบบทดสอบเติมคำให้สมบูรณ์ (Completion)
2. แบบทดสอบประเภทเลือกตอบ (Selection type) จำแนกได้เป็น 3 ประเภท ดังนี้
    1. แบบทดสอบถูก-ผิด (True-false)
    2. แบบทดสอบจับคู่ (Matching)
    3. แบบทดสอบหลายตัวเลือก (Multiple-choice)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สำหรับเกณฑ์การวัดระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ (2553) ได้กำหนดเกณฑ์การวัดระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของรายวิชาต่าง ๆ ที่จัดการเรียนการสอนในระดับมัธยมศึกษาจากร้อยละของคะแนนรวมจากการทำแบบทดสอบ ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 2.6 ตารางแสดงระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน (กระทรวงศึกษาธิการ, 2553)

ร้อยละของคะแนนรวม	ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
80-100	ดีเยี่ยม
75-79	ดีมาก
70-74	ดี
65-69	ค่อนข้างดี
60-64	ปานกลาง
55-59	พอใช้
50-54	ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ
0-49	ต่ำกว่าเกณฑ์

นอกจากนี้เนื่องจากหลักการวัดประเมินการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของ Klopfer (1971) มีด้านการประเมินที่ครอบคลุมและเหมาะสมกับการประเมินการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จึงได้ศึกษาตัวอย่างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่ใช้หลักของ Klopfer (1971) ในการวัดพฤติกรรม 4 ด้าน ได้แก่ (1) ด้านความรู้ความจำ (2) ด้านความเข้าใจ (3) ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และ (4) ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ตามรูปแบบของการออกแบบแบบทดสอบในรูปแบบต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. ด้านความรู้ความจำ

1) แบบทดสอบประเภทเลือกตอบหลายตัวเลือก (Multiple-choice)

สิ่งสำคัญที่ช่วยในการดำรงชีวิตของพืช คือข้อใด

ก. น้ำ อาหาร วิตามิน

ข. น้ำ เกลือแร่ วิตามิน

ค. น้ำ แสงแดด อากาศ

(พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข, 2548)

2) แบบทดสอบประเภทเลือกตอบแบบถูก-ผิด (True-false)
จงเติมอักษร T หน้าข้อความที่เป็นจริง และเติมอักษร F หน้าข้อความที่เป็นเท็จ

.....ความหลากหลายระหว่างสปีชี่ส์โดยปกติจะมีจำนวนมากกว่าความหลากหลายภายในสปีชี่ส์

.....สปีชี่ส์เดียวกันจะใช้ชื่อวิทยาศาสตร์ทั้ง 2 ส่วนเหมือนกัน

.....สมาชิกของสปีชี่ส์เดียวกันจะมีลักษณะที่คล้ายกันเสมอ

(Large, 2013)

3) แบบทดสอบประเภทเลือกตอบแบบจับคู่ (Matching)
จงโยงเส้นจับคู่คำต่อไปนี้กับความหมายที่ถูกต้อง

คำศัพท์	ความหมาย
Predator	กินสิ่งมีชีวิตอื่นๆเพิ่มรับสารอาหาร
Prey	ล่า และ กินสัตว์ชนินอื่นๆ
Consumer	ถูกล่า และถูกกินจากสัตว์อื่น
Producer	กินพืชเป็นอาหารเท่านั้น
Herbivore	สร้างอาหารเองได้
Carnivore	กินเฉพาะสัตว์ที่ถูกฆ่าแล้วเท่านั้น
Scavenger	กินเฉพาะสัตว์

(Large, 2013)

4) แบบทดสอบความเรียงไม่จำกัดคำตอบ (Essay-extended)
จงอธิบายบทบาทของเอนไซน์ 1 ชนิดในที่ใช้ในการย่อยอาหาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

.....

.....

.....

(Singapore Examinations and Assessment Board , 2015)

5) แบบทดสอบความเรียงจำกัดคำตอบ (Essay-restricted)
จงอธิบายความหมายของคำว่า Homeostasis และ Negative feedback

.....

.....

(Singapore Examinations and Assessment Board , 2015)

6) แบบทดสอบเติมคำให้สมบูรณ์ (Completion)

จงเติมคำลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

สปีชี่ส์คือกลุ่มของพืชหรือสัตว์ที่ใช้.....ร่วมกัน สมาชิกของ.....เดี่ยวกันสามารถออกลูกได้และผลิตลูกหลานที่สามารถสืบทอดต่อได้เช่นกัน ชื่อของแต่ละ.....ถูกแบ่งเป็นสองส่วนที่สามารถใช้ได้ทั่ว..... สมาชิกของสปีชี่ส์ที่ต่างกันไม่สามารถสืบพันธุ์กันได้ พวกมันจะสามารถทำได้เพียงแค่มีทายาทที่เรียกว่า.....

(Large, 2013)

2. ด้านความเข้าใจ

1) แบบทดสอบประเภทเลือกตอบหลายตัวเลือก (Multiple-choice)

ข้อใดกล่าว ไม่ถูกต้อง เกี่ยวกับสารที่เป็นพิษต่อร่างกาย

1. สารพิษจะแสดงอาการเมื่อถึงวัยชราเท่านั้น
2. สารพิษแต่ละชนิดมีอันตรายเมื่อถึงวัยชราเท่านั้น
3. คนที่ได้รับสารพิษระยะเวลานานๆ จะมีอาการรุนแรงกว่าคนที่เพิ่มได้รับสารพิษ
4. ถ้ารับสารพิษปริมาณมากๆ จะมีอาการรุนแรงมากกว่าคนที่รับสารพิษปริมาณน้อย

(นิภาภรณ์ เชยวัดเกาะ, 2545)

2) แบบทดสอบประเภทเลือกตอบแบบจับคู่ (Matching)

จากโซ่อาหารที่แสดงอยู่นี้พบมากในประเทศอเมริกา

ข้าวโพด → หนู → งู → สุนัขป่า

จงใช้คำในโซ่อาหารตอบคำถามต่อไปนี้ให้ถูกต้อง

1. ระบุผู้ผลิตในโซ่อาหาร .....
2. ระบุผู้บริโภคประเภท Herbivore .....
3. ระบุผู้บริโภคเป็นทั้งผู้ล่าและเหยื่อ .....

(Large, 2013)

3) แบบทดสอบความเรียงจำกัดคำตอบ (Essay-restricted)

จงเขียนการปรับตัวที่สังเกตได้ของหมีขั้วโลกและอธิบายว่าการปรับตัวเหล่านั้นช่วยให้หมีขั้วโลกมีชีวิตอยู่รอดได้อย่างไร

.....

.....

(Large, 2013)

4) แบบทดสอบตอบสั้น (Short answer)

จงเขียนอธิบายวิธีการช่วยลดฝนกรดมา 2 วิธี

.....

.....

(Large, 2013)

3. ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

1) แบบทดสอบประเภทเลือกตอบหลายตัวเลือก (Multiple-choice)

ถ้านักเรียนทำการทดสอบน้ำส้มสายชู โดยใส่พริกและใบผักชีพบว่าน้ำส้มสายชูขุ่น พริกและใบผักชีเปื่อยยุ่ย นักเรียนควรสรุปผลการทดลองนี้อย่างไร

ก. น้ำส้มสายชูนี้หมดอายุ

ข. น้ำส้มสายชูนี้มีความเข้มข้นมาก

ค. น้ำส้มสายชูนี้มีกรดซัลฟิวริกเจือปนอยู่

ง. น้ำส้มสายชูนี้ทำจากการหมักแป้ง หรือผลไม้

(นิภาภรณ์ เชยวัดเกาะ, 2545)

2) แบบทดสอบตอบสั้น (Short answer)

โซ่อาหารที่แสดงอยู่ด้านหลังนี้พบในทุ่งหญ้าหลากหลายที่

ผู้ผลิต → ผู้บริโภคพืช → ผู้บริโภคสัตว์

จงเติมประโยคลงในช่องว่างเพื่อแสดงสิ่งที่เกิดขึ้น ถ้าผู้บริโภคสัตว์ถูกฆ่า จำนวนประชากรของผู้ล่าลดลง ดังนั้นผู้ล่าจึงต้องการอาหารน้อยลง

1. ประชากรของผู้บริโภคพืชจะเปลี่ยนแปลงเช่นไร

.....

2. มวลชีวภาพของผู้ผลิตจะเปลี่ยนแปลงเช่นไร

.....

(Large, 2013)

4. ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาตร์ไปใช้

1) แบบทดสอบประเภทเลือกตอบหลายตัวเลือก (Multiple-choice)

ทิพย์สุดานำน้ำตัวอย่าง 4 ชนิดมาตรวจสอบหาปริมาณของสารต่างๆที่ละลายในน้ำและเปรียบเทียบกับมาตรฐานน้ำดื่มที่องค์การอนามัยโลกกำหนดไว้ได้ผลดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางแสดงปริมาณสารที่ตรวจพบในน้ำแต่ละชนิดเปรียบเทียบกับ
ปริมาณสารที่องค์การอนามัยโลกกำหนด

สารที่ตรวจสอบ	ปริมาณสารที่องค์การอนามัยโลกกำหนด (mg/l)	ปริมาณสารที่ตรวจพบในน้ำแต่ละชนิด (mg/l)			
		A	B	C	D
ไนเตรต	45	40	50	45	70
แคลเซียม	75	75	70	65	60
คลอไรด์	200	180	200	250	200

ทิพย์สุดาควรเลือกบริโภคน้ำชนิดใด

ก. ชนิด A ข. ชนิด B

ค. ชนิด C ง. ชนิด D (จารุณี วัยเจริญ, 2545)

2) แบบทดสอบความเรียงไม่จำกัดคำตอบ (Essay-extended)

จงเขียนอธิบายโทษของการให้ยาโดยใช้ Transdermal patch มาหนึ่งประการ

.....

.....

(Singapore Examinations and Assessment Board , 2015)

3) แบบทดสอบความเรียงจำกัดคำตอบ (Essay-restricted)

อัตราการไหลเวียนเลือดของกล้ามเนื้อหัวใจเท่ากับ 260 ลูกบาทก์เซนติเมตรต่อนาที ระหว่างออกกำลังกายมีอัตราเพิ่มขึ้นถึง 780 ลูกบาทก์เซนติเมตรต่อนาที จงคำนวณร้อยละที่เพิ่มขึ้นของอัตราการไหลเวียนเลือดขณะออกกำลังกาย พร้อมแสดงวิธีคำนวณ

.....

.....

.....

(Singapore Examinations and Assessment Board , 2015)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

4) แบบทดสอบตอบสั้น (Short answer)

จงเขียนบรรยายคำตอบลงในตารางให้สมบูรณ์และถูกต้องเกี่ยวกับวิธีการเพิ่มมวลของการเจริญเติบโตของอาหาร (Mass of food grown) และผลเสียที่มีต่อโซ่อาหาร

วิธีการ	การเจริญเติบโตเพิ่มขึ้นของอาหาร	การถูกทำลายของโซ่อาหาร
ใช้ปุ๋ย		
ใช้ยากำจัดวัชพืช		
ใช้ยาฆ่าแมลง		

(Large, 2013)

5) แบบทดสอบเติมคำให้สมบูรณ์ (Completion)

จงเติมคำลงในช่องว่างให้สมบูรณ์

มนุษย์ขัดขวาง.....อาหารธรรมชาติโดยการทำลายการผลิตของ.....และการขยายพันธุ์ของพืชชนิดใหม่ที่แพร่กระจายอย่างรวดเร็วและ.....กับที่อยู่ใหม่ เราสามารถลดการทำลายสิ่งเหล่านี้ด้วยการปลูกอาหารที่ใช้พื้นที่น้อยลงและลดการใช้ของ..... (Large, 2013)

จากข้อมูลที่ได้ศึกษาค้นคว้าเกี่ยวกับแนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่กล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า แนวทางการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถวัดได้โดยใช้วิธีการวัดจากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่มีให้เลือกใช้หลากหลายรูปแบบตามแต่วัตถุประสงค์ของการวัดผลการเรียนรู้และความสอดคล้องของเนื้อหาของบทเรียน โดยแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่ใช้หลักของ Klopfer (1971) ในการวัดพฤติกรรม 4 ด้าน ได้แก่ (1) ด้านความรู้ความจำ (2) ด้านความเข้าใจ (3) ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (4) ด้านการนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ โดยเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก มีความเหมาะสมในการนำมาใช้วัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในเนื้อหาวิชาชีววิทยาของนักเรียน เนื่องจากนักเรียนจะได้รับการวัดกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และการนำความรู้ไปใช้ซึ่งเป็นสิ่งจำเป็นของการเรียนรายวิชาที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ อีกทั้งแบบทดสอบแบบปรนัยช่วยให้แบบทดสอบมีความตรงเชิงเนื้อหาได้ดีเพราะสามารถออกข้อสอบให้ครอบคลุมพฤติกรรมการเรียนรู้ได้หลายด้าน และวัดความสามารถหรือพฤติกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนได้กว้างและลึกตั้งแต่ความสามารถทางสมองขั้นต่ำไปจนถึงขั้นที่ซับซ้อน (โชติกา ภาษีผล และคณะ, 2558)

4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

จากการประมวลงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการใช้การจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษาเพื่อพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา พบว่าส่วนใหญ่เป็นงานวิจัยในระดับประถมศึกษาและมัธยมศึกษาตอนต้น โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดสะตีมศึกษา

Kim et al. (2014) ได้ศึกษาผลของการประยุกต์สะตีมศึกษา (STEAM Education) กับบทเรียนวิทยาศาสตร์ในรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ และระดับความสนใจในวิทยาศาสตร์ (Interest levels) ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 จากกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 3 โรงเรียนในประเทศเกาหลีใต้ แบ่งเป็นกลุ่มทดลอง 69 คนและกลุ่มควบคุม 72 คน เป็นระยะเวลา 18 คาบเรียน โดยใช้บทเรียนทั้งหมด 9 เรื่องได้แก่ เรื่องแสง กรดและเบส การเปลี่ยนฤดูกาล ระบบนิเวศและสิ่งแวดล้อม แรงแม่เหล็ก การเปลี่ยนแปลงสภาพอากาศ สถานะแก๊ส พลังงานและหลักการเปลี่ยนแปลงพลังงาน และการสันดาปและการดับไฟ ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้เรียนวิชาวิทยาศาสตร์ด้วยบทเรียนวิทยาศาสตร์ที่ประยุกต์จากสะตีมศึกษามีความคิดสร้างสรรค์และมีความสนใจในวิทยาศาสตร์มากกว่า เมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุมที่เรียนด้วยการสอนแบบทั่วไป

Park (2014) ได้ศึกษาผลของการพัฒนาโปรแกรม STEAM Career Education ที่ใช้เทคโนโลยีสิ่งแวดล้อมเสมือน (Virtual reality) ที่มีต่อความสนใจในอาชีพเกี่ยวกับเทคโนโลยีในอนาคตของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 และ 4 ในประเทศเกาหลี ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนมีความสนใจและตระหนักในการทำอาชีพที่เกี่ยวข้องกับเทคโนโลยีในระดับสูง โดยมองว่าระดับความยากของการเรียนอยู่ในระดับที่เหมาะสม อีกทั้งมีความต้องการที่จะเรียนในโปรแกรมสะตีมอีกในอนาคตและมองว่าโปรแกรมนี้ทำให้เห็นความเชื่อมโยงระหว่างวิชาเรียนอื่น ๆ ในโรงเรียนในระดับสูงอีกด้วย

Park & Shin (2012) ได้ศึกษาผลของการพัฒนาการจัดการเรียนการสอนบูรณาการแบบสะตีมศึกษาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ที่มีต่อการรับรู้ความสามารถของตนเอง (Self-efficacy) ความสนใจในวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ในโรงเรียนประถมแห่งหนึ่งในประเทศเกาหลี ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้เรียนด้วยการจัดการเรียนการสอนบูรณาการแบบสะตีมศึกษาในรายวิชาวิทยาศาสตร์มีการรับรู้ความสามารถของตนเองมากขึ้นเมื่อเทียบกับก่อนเรียน นักเรียนมีความสนใจในวิทยาศาสตร์ทั้งด้านการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Science

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

learning) กิจกรรมทางวิทยาศาสตร์ (Science activity) และอาชีพที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ (Science related jobs) และนักเรียนยังมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้นด้วยอย่างมีนัยสำคัญ

Park & Yoo (2013) ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนสะตีมศึกษาที่มีวิทยาศาสตร์เป็นฐาน (Science-based STEAM) ในบทเรียนเรื่อง แสง ที่มีต่อแรงจูงใจ ความสนใจ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ประเทศเกาหลี ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้เรียนบทเรียนเรื่องแสงด้วยการจัดการเรียนการสอนแบบสะตีมศึกษาในรายวิชาวิทยาศาสตร์มีแรงจูงใจในการเรียน มีความสนใจทางบวกโดยเฉพาะด้านความตั้งใจ (Attention) ความมั่นใจ (Confidence) และความพึงพอใจ (Satisfaction) ซึ่งแตกต่างจากผลการวัดทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในภาพรวมไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติเมื่อเปรียบเทียบกับกลุ่มควบคุม แต่หากวิเคราะห์ผลเฉพาะด้าน มีเพียงด้านเดียวที่ได้ผลการวัดสูงกว่าคือ ด้านความสามารถในการบูรณาการการสืบสอบ (Integrated inquiry ability)

Jeong & Kim (2015) ได้ทำการศึกษาผลของการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้สะตีมศึกษาในกิจกรรมตรวจสอบภาวะโลกร้อน (STEAM program of climate change monitoring activity) ที่ใช้แนวคิด Six Structured inventive thinking (SSIT) ที่มีต่อเนื้อหาสาระและการรับรู้เกี่ยวกับสะตีมศึกษา (STEAM content knowledge and perception) ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ประเทศเกาหลี ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยสะตีมศึกษาโดยใช้กิจกรรมตรวจสอบภาวะโลกร้อนได้รับเนื้อหาสาระและการรับรู้เกี่ยวสะตีมศึกษามากกว่านักเรียนที่เรียนในกลุ่มควบคุมที่ใช้การสอนแบบทั่วไป อีกทั้งนักเรียนหญิงยังมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์และมีการรับรู้ทางบวกเกี่ยวกับสะตีมศึกษาสูงมากกว่านักเรียนชายอีกด้วย

Ghanbari (2015) ได้ศึกษากรณีศึกษาของสองโปรแกรมการเรียนรู้ ได้แก่ (1) โปรแกรม ศิลปะ-วิทยาศาสตร์ (ArtScience Program) และ (2) โปรแกรม ศิลปะ-เทคโนโลยี (ArtTechnology program) จากมหาวิทยาลัยแห่งหนึ่งในประเทศสหรัฐอเมริกาที่ใช้การบูรณาการศิลปะร่วมกับสะเต็มศึกษา รวบรวมข้อมูลด้วยวิธีสัมภาษณ์ประสบการณ์การเรียนรู้ของนักศึกษาและศิษย์เก่า ซึ่งผู้วิจัยได้แบ่งประเด็นการวิเคราะห์บทสัมภาษณ์ของทั้งสองโปรแกรม ดังนี้ โปรแกรม ศิลปะ-วิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย (1) การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Collaborative learning) (2) ความคงทนของความรู้ผ่านการปฏิบัติ (Retention through doing) และ (3) ความพึงพอใจในการเรียนรู้ (Enjoying Learning) ในส่วนของ โปรแกรมศิลปะ-เทคโนโลยี ประกอบด้วย (1) การเรียนรู้แบบร่วมมือ (Collaborative learning) (2) การมีอิทธิพลต่ออาชีพ (Influencing careers) (3) มุมมองที่กว้างขึ้น (Broadening student perspectives) ผลการวิเคราะห์บทสัมภาษณ์ พบว่า ในโปรแกรม ศิลปะ-วิทยาศาสตร์ ผู้ให้สัมภาษณ์บ่งบอกว่าได้รับการเรียนรู้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ผ่านทางการเรียนรู้แบบร่วมมือ

(Collaboration) อีกทั้งกิจกรรมต่าง ๆ ที่ได้ลงทำทำให้มีความคงทนของข้อมูลและความรู้มากกว่าการจำไปสอบ และมีความพึงพอใจในการเรียนเป็นอย่างมากเนื่องจากมีความสนุกสนานและเป็นการเรียนวิทยาศาสตร์ที่ผ่อนคลาย สำหรับโปรแกรมศิลปะ-เทคโนโลยี ในภาพรวมของผู้ให้สัมภาษณ์มองว่าการเรียนรู้แบบร่วมมือเป็นประโยชน์เพราะทำให้สามารถเรียนรู้ความคิดของผู้อื่น เป็นโอกาสในการเตรียมตัวและฝึกหัดในการทำงานที่ตนเองสนใจในอนาคต และการได้ทำงานศิลปะทำให้มีความคิดที่กว้างขึ้นและได้ลองใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ใหม่ ๆ ที่ไม่เคยลองมาก่อน

จารีพร ผลมูล และคณะ (2558) ได้พัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จิตสำนึกอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนเมืองหลังสวน จังหวัดชุมพร รวมทั้งศึกษาประสิทธิภาพของหน่วยการเรียนรู้อีกด้วย โดยใช้หน่วยการเรียนรู้ จำนวน 3 หน่วย ได้แก่ ระบบนิเวศชุมชนวังตะกอ ทรัพยากรธรรมชาติชุมชนวังตะกอ และเรียนรู้เทคโนโลยีพื้นบ้านชุมชนวังตะกอ ซึ่งเก็บรวบรวมข้อมูลจากกลุ่มเป้าหมายจำนวน 33 คน ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่ได้เรียนด้วยหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 มีจิตสำนึกอนุรักษ์สิ่งแวดล้อมหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน มีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ ผ่านเกณฑ์ในระดับดี อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และหน่วยการเรียนรู้มีประสิทธิภาพตามเกณฑ์

4.2 งานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

Hu & Adey (2002) ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และอายุของตัวอย่างนักเรียนอายุ 12 13 และ 15 ปี ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจาก 160 โรงเรียนในประเทศอังกฤษ โดยสร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่มีฐานคิดมาจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์ (Torrance Tests of Creative Thinking) ซึ่งเป็นแบบวัดประเภทอัตนัย ผลการศึกษาพบว่า นักเรียนที่อายุต่างกันมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ โดยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แปรผันตรงตามอายุที่เพิ่มขึ้นของนักเรียนเนื่องจากมีความสัมพันธ์กับประสบการณ์ที่สะสมและความสามารถทางสติปัญญา

Kim (2011) ศึกษาคะแนนความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนในช่วงวัยที่แตกต่างกัน ตั้งแต่ระดับอนุบาลถึงวัยผู้ใหญ่ รวมกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 272,599 คน โดยใช้เครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ของทอแรนซ์ (Torrance Tests of Creative Thinking) พบว่านักเรียนระดับอนุบาลจนถึงระดับประถมศึกษาปีที่ 3 มีความคิดสร้างสรรค์ลดลงอย่างมีนัยสำคัญ และความคิดสร้างสรรค์พัฒนาแปรผันตามอายุที่เพิ่มขึ้นตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาตอนปลายจนถึงระดับ

วัยผู้ใหญ่ เนื่องจากเกี่ยวข้องกับระดับสติปัญญา ความสามารถในการคิดเชิงนามธรรม การเปิดใจ และความอยากรู้อยากเห็นที่เพิ่มขึ้น

ภัสสร ติดมา (2558) ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ 5 ด้าน ได้แก่ ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น ความคิดริเริ่ม ความคิดละเอียดละออ และการออกแบบและสร้างชิ้นงาน และศึกษาแนวทางการเรียนรู้ของนักเรียนในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ประกอบด้วย ระบบย่อยอาหาร ระบบหมุนเวียนเลือด ระบบหายใจ และระบบขับถ่าย จากการใช้กระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นตั้งคำถาม ขั้นจินตนาการ ขั้นวางแผน ขั้นสร้าง และขั้นปรับปรุง โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนสร้างชิ้นงาน ใช้เวลาในการเก็บรวมรวมข้อมูลจำนวน 12 ชั่วโมง กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 48 คน ของโรงเรียนอุดมดรุณี จังหวัดสุโขทัย ผลการศึกษาพบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนได้ โดยมีคะแนนเฉลี่ยตั้งแต่ร้อยละ 79 ขั้นไป ซึ่งมีการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เพิ่มสูงขึ้นทุกครั้งที่มีการจัดกิจกรรมแผนการเรียนรู้ใหม่ และความคิดสร้างสรรค์ด้านที่นักเรียนพัฒนาได้มากที่สุด คือ การออกแบบและสร้างชิ้นงาน ความคิดริเริ่ม ความคิดคล่องแคล่ว ความคิดยืดหยุ่น และความคิดละเอียดละออ ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่า นักเรียนมีแนวทางการเรียนรู้ คือ นักเรียนสามารถเลือกสร้างแบบจำลองอวัยวะโดยบอกเหตุผลได้อย่างสมเหตุสมผล จินตนาการร่างแบบจำลองอวัยวะ วางแผนการทำงาน และซื้อวัสดุสร้างแบบจำลองโดยคำนึงถึงราคาและคุณสมบัติของวัสดุ

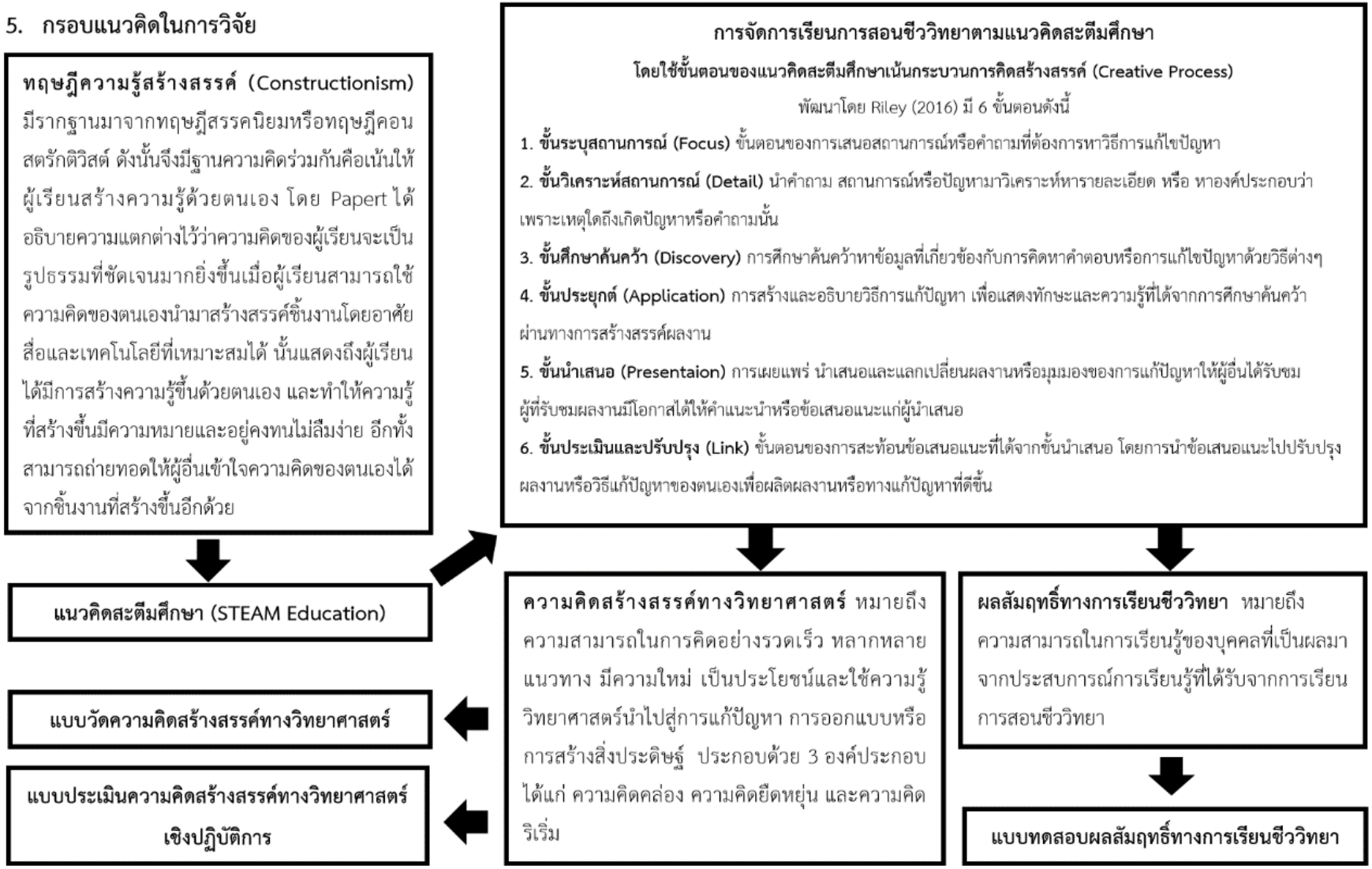
จรินยา นาหัวนิน (2553) ศึกษาการเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง เคมีที่เป็นพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) กับการจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT จำนวน 8 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นสร้างคุณค่าและประสบการณ์ของสิ่งที่เรียน ขั้นวิเคราะห์ประสบการณ์ ขั้นปรับประสบการณ์เป็นความคิดรวบยอด ขั้นพัฒนาความคิดรวบยอด ขั้นลงมือปฏิบัติจากกรอบความคิดที่กำหนด ขั้นสร้างชิ้นงานเพื่อความเป็นตนเอง ขั้นวิเคราะห์คุณค่าและการประยุกต์ใช้ และขั้นแลกเปลี่ยนประสบการณ์เรียนรู้กับผู้อื่น ใช้เวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูลจำนวน 15 ชั่วโมง มีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 2 กลุ่ม กลุ่มละ 30 คน จากโรงเรียนจุฬาภรณ์ราชวิทยาลัย เลย อำเภอเชียงคาน จังหวัดเลย ผลการศึกษาพบว่า (1) นักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 (2) การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะห์หาความรู้ (5E) ทำให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และ (3) วิธีการจัดการเรียนรู้

และระดับความสามารถทางการเรียนวิทยาศาสตร์ที่แตกต่างกันส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จินตนา เทศเอม (2551) ได้พัฒนาชุดกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์บูรณาการเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 และศึกษาความพึงพอใจของนักเรียนโรงเรียนบ้านบ่อเตี้ย อำเภอบ้านโคก จังหวัดอุตรดิตถ์ มีกลุ่มตัวอย่างจำนวน 26 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย ชุดฝึกกระบวนการทางวิทยาศาสตร์บูรณาการ จำนวน 5 ชุด ได้แก่ ประเภทของสารอาหาร การวิเคราะห์ส่วนประกอบของอาหาร การทดสอบสารอาหารที่ให้พลังงาน การทดสอบสารอาหารที่ไม่ให้พลังงาน และการเลือกรับประทานอาหารให้ถูกสัดส่วน แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ 2 ชุด แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 12 ข้อ มุ่งวัด 3 องค์ประกอบ ได้แก่ ความคล่องในการคิด ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม และแบบวัดความพึงพอใจในการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ชุด ผลการศึกษาพบว่า (1) ชุดฝึกกระบวนการทางวิทยาศาสตร์บูรณาการ ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์มีประสิทธิภาพเท่ากับ 79.92/80.32 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือ 70/70 (2) ความพึงพอใจของนักเรียนต่อชุดฝึกกระบวนการทางวิทยาศาสตร์บูรณาการอยู่ในระดับดี และ (3) ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนเท่ากับ 79.17 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้คือ 70

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. กรอบแนวคิดในการวิจัย



บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง ผลของการใช้แนวคิดสะตีมศึกษาในวิชาชีววิทยาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีขั้นตอนการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. รูปแบบของการวิจัย
2. การกำหนดกลุ่มเป้าหมาย
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. รูปแบบของการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นวิจัยทดลองแบบการทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental research) ซึ่งเป็นการออกแบบการวิจัยที่มีกลุ่มตัวอย่างเพียงกลุ่มเดียวและสมาชิกของกลุ่มตัวอย่างไม่ได้มาจากกระบวนการสุ่มและไม่มีกลุ่มควบคุม (วรรณี แกมเกตุ, 2555) โดยมีรูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน (One Group Pretest-Posttest Design) กล่าวคือมีการจัดให้มีกลุ่มตัวอย่าง 1 กลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษาและมีการเก็บรวบรวมข้อมูลดังต่อไปนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แผนภาพที่ 3.1 รูปแบบการวิจัยแบบ One Group Pretest-Posttest Design

กลุ่มเป้าหมาย	O_1 ----------X---------- O_2

O_1 หมายถึง การเก็บข้อมูลความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้วยแบบวัดที่สร้างขึ้นก่อนเรียน

X หมายถึง การจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษา

O_2 หมายถึง 1. การเก็บข้อมูลความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนด้วยแบบวัดและแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการที่สร้างขึ้นหลังเรียน

2. การเก็บข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนด้วยแบบทดสอบที่สร้างขึ้นหลังเรียน

2. การกำหนดกลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ณ โรงเรียนขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ

การเลือกกลุ่มเป้าหมาย ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอน ดังนี้

2.1 การเลือกโรงเรียน

ผู้วิจัยใช้วิธีเลือกโรงเรียนแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) โดยโรงเรียนที่เลือกเป็นกลุ่มเป้าหมายในการวิจัยมีเกณฑ์ในการพิจารณาคัดเลือกโรงเรียน ดังต่อไปนี้ โรงเรียนที่เลือกเป็นโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ ประเภทสหศึกษาที่ตั้งอยู่ในเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ มีการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เปิดสอนตั้งแต่ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 นอกจากนี้ยังเป็นโรงเรียนที่มีแหล่งเรียนรู้หลากหลาย เช่น ห้องสมุดโรงเรียน และมีเครือข่ายอินเตอร์เน็ตที่เอื้ออำนวยให้นักเรียนมีความสะดวกในการสืบค้นข้อมูล และเนื่องจากโรงเรียนกลุ่มเป้าหมายเป็นศูนย์เครือข่ายสะเต็มศึกษาระดับภาค จึงทำให้ในโรงเรียนมีผู้เชี่ยญชาญที่มีประสบการณ์ในการสอนแบบบูรณาการคอยให้คำปรึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน สนับสนุนให้นักเรียนในโรงเรียนได้เรียนแบบบูรณาการ มีวัสดุอุปกรณ์ มีสื่อการเรียนการสอน มีเทคโนโลยีที่ทันสมัยและเพียงพอกับจำนวนนักเรียนทำให้สะดวกต่อการจัดการเรียนการสอน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2 การเลือกกลุ่มเป้าหมาย

ผู้วิจัยใช้วิธีเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) คือ เลือกนักเรียนในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ซึ่งประกอบด้วยนักเรียนโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์และนักเรียนโครงการพัฒนาและส่งเสริมผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (พสวท.) จำนวน 1 ห้องเรียน มีจำนวนนักเรียนทั้งหมด 19 คน เป็นนักเรียนชาย จำนวน 13 คน และนักเรียนหญิง จำนวน 6 คน

ทั้งนี้นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีลักษณะและธรรมชาติของการเรียนวิทยาศาสตร์ ดังนี้ (1) นักเรียนกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนที่รู้จักบทบาทหน้าที่และมีความรับผิดชอบต่อการเรียน ตัวอย่างเช่น ส่งงานและเข้าห้องเรียนตรงเวลาอย่างสม่ำเสมอ และอ่านหนังสือทบทวนบทเรียนด้วย

ตนเอง นอกจากนี้ยังให้ความร่วมมือกับกิจกรรมในชั้นเรียน เช่น เตรียมวัสดุอุปการณ์ที่ใช้ในการทดลองวิทยาศาสตร์ตามที่ได้รับมอบหมาย และมีการซ้อมเตรียมความพร้อมก่อนการนำเสนองานหน้าชั้นเรียน เป็นต้น (2) นักเรียนกลุ่มเป้าหมายสามารถสืบค้นข้อมูลจากสื่อการเรียนรู้ภาษาอังกฤษ เช่น ตำราชีววิทยาภาษาอังกฤษ และสามารถพูดนำเสนอหน้าชั้นเรียนชีววิทยาเป็นภาษาอังกฤษ (3) นักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียน สังเกตได้จากมีการถามคำถามในชั้นเรียน หลังเลิกชั้นเรียน หรือถามคำถามเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์นอกเวลาเรียน เป็นต้น

เนื่องจากนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนโครงการห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ที่มีความมุ่งหวังที่จะประกอบอาชีพด้านวิทยาศาสตร์ มีความรับผิดชอบต่อการเรียน มีความใฝ่รู้ใฝ่เรียน และมีความสามารถสืบค้นข้อมูลด้วยตนเอง ลักษณะของนักเรียนดังกล่าวเหมาะสมกับการเรียนการสอนตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่เน้นการสืบสอบความรู้และเชื่อมโยงความรู้สู่การสร้างผลงานที่เกี่ยวข้องกับอาชีพด้านวิทยาศาสตร์ ดังนั้นจากรายละเอียดข้างต้นแสดงให้เห็นว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีลักษณะที่เอื้อต่อการพัฒนาศักยภาพด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ และสอดคล้องกับความต้องการของประเทศไทยที่มุ่งส่งเสริมให้ความสามารถนี้เกิดขึ้นกับเยาวชนที่สนใจเป็นนักวิทยาศาสตร์หรือสนใจประกอบอาชีพเกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ในอนาคต

3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มีทั้งหมด 2 ประเภท ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาโดยใช้แนวคิดสะตีมศึกษา เรื่อง ระบบย่อยอาหาร การสลายสารอาหารระดับเซลล์ การสืบพันธุ์ และการเจริญเติบโตของสัตว์
2. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่
   2.1 แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ฉบับก่อนเรียน และฉบับหลังเรียน
   2.2 แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการ จำนวน 2 ชุด ได้แก่ แบบประเมินการออกแบบผลงาน และแบบประเมินผลงาน
   2.3 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

ผู้วิจัยดำเนินการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการทดลองและเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยมีรายละเอียดการพัฒนาเครื่องมือและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ดังนี้

3.1 เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองสำหรับการวิจัยครั้งนี้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วย ใช้แนวคิดสะตีมศึกษา เรื่อง ระบบย่อยอาหาร การสลายสารอาหารระดับเซลล์ การสืบพันธุ์ และการเจริญเติบโตของสัตว์ โดยมีขั้นตอนในการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้และตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

1. ศึกษาหนังสือชี้แนะแนวทางการจัดสะตีมศึกษาสำหรับระดับอนุบาลถึงมัธยมศึกษาปีที่ 6 (Riley, 2014) และบทความทางวิชาการ เรื่อง 6 ขั้นตอนเพื่อการสร้างห้องเรียนที่ใช้สะตีมเป็นศูนย์กลาง (Riely, 2016) และบทความทางวิชาการ เรื่อง สะตีมศึกษาภาพรวมการสร้างโมเดลบูรณาการทางการศึกษา (Yakman, 2008) เป็นหลัก ซึ่งเป็นเอกสารในต่างประเทศ เพื่อศึกษาแนวทางการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะตีมศึกษา

2. ศึกษาหลักสูตรและผลการเรียนรู้รายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2556) และแบบเรียนรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (กระทรวงศึกษาธิการ, 2557) เพื่อกำหนดโครงสร้างของแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วย ดังตารางที่ 3.1

3. ศึกษาตัวอย่างการจัดการเรียนการสอนโดยใช้แนวคิดสะตีมศึกษาจากบทความวิจัย (Kim et al., 2014) เป็นหลัก เพื่อกำหนดสถานการณ์ที่ใช้ในกิจกรรมการเรียนรู้ และกำหนดความรู้ทักษะที่ใช้ในการสร้างผลงานในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ดังตารางที่ 3.2-3.5

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.1 โครงสร้างของแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วยโดยใช้การจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษา เรื่อง ระบบย่อยอาหาร การสลายสารอาหารระดับเซลล์ การสืบพันธุ์ และการเจริญเติบโตของสัตว์

แผนที่	หน่วยการเรียนรู้	หัวข้อ	จำนวนคาบ
1	ระบบย่อยอาหาร	**อาหารและการย่อยอาหาร** 1. การย่อยอาหารของจุลินทรีย์ 2. การย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว 3. การย่อยอาหารของสัตว์ 4. การย่อยอาหารของคน	6
2	การสลายสารอาหารระดับเซลล์	**การสลายสารอาหารระดับเซลล์** 1. การสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจน 2. การสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน	6
3	การสืบพันธุ์	**การสืบพันธุ์** 1. การสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว 2. การสืบพันธุ์ของสัตว์ 3. การสืบพันธุ์ของคน	6
4	การเจริญเติบโตของสัตว์	**การเจริญเติบโตของสัตว์** 1. การเจริญเติบโตของกบ 2. การเจริญเติบโตของไก่ 3. การเจริญเติบโตของคน	6
		รวม	24 คาบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 3.2 ลำดับแผนการจัดการเรียนรู้ หัวข้อ จำนวนคาบเรียน สถานการณ์ และความรู้และทักษะที่ใช้สร้างผลงานของหน่วยการเรียนรู้เรื่อง ระบบย่อยอาหาร

แผนลำดับที่	หัวข้อ	จำนวนคาบ	สถานการณ์	ความรู้และทักษะที่ใช้ในการสร้างผลงาน
1	อาหารและการย่อยอาหาร	6	โรงพยาบาลแห่งหนึ่งมีผู้ป่วยที่เป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหารจำนวนมาก แพทย์สันนิษฐานว่าผู้ป่วยส่วนใหญ่อาจมีเลือดออกหรือมีก้อนเนื้อในลำไส้ใหญ่แต่แพทย์ไม่สามารถวินิจฉัยโรคได้อย่างชัดเจนเนื่องจากไม่มีอุปกรณ์ทางการแพทย์ ทางโรงพยาบาลจึงต้องการเปิดประมูลอุปกรณ์ทางการแพทย์เพื่อเลือกซื้ออุปกรณ์การส่องตรวจลำไส้ใหญ่ด้วยกล้อง (colonoscopy) โดยประกาศให้ทีมวิศวกรทางการแพทย์ของบริษัทต่าง ๆ เข้ามาเสนอสินค้าและราคา จากสถานการณ์ดังกล่าวหากนักเรียนเป็นทีมวิศวกรทางการแพทย์ นักเรียนจะออกแบบ สร้างอุปกรณ์การส่องตรวจลำไส้ใหญ่ รวมถึงสร้างชุดทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์และเสนอราคาอย่างไร เพื่อดึงดูดผู้บริโภคและชนะการประมูลจากโรงพยาบาล โดยอุปกรณ์ต้องมีคุณสมบัติโค้งงอและสอดเข้าไปได้ตามลำไส้ใหญ่จนถึงบริเวณแผลเป็นระยะ 3 ฟุต **ประเภทผลงาน:** สิ่งประดิษฐ์	**วิทยาศาสตร์ (S)** 1) ส่วนประกอบและหน้าที่ของทางเดินอาหารในร่างกายคน 2) สาเหตุบางประการที่ทำให้เกิดความผิดปกติกับทางเดินอาหาร **เทคโนโลยี (T)** 1) การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์มาออกแบบเพื่อแก้ปัญหาให้เหมาะสม 2) การสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ **วิศวกรรม (E)** 1) การออกแบบสิ่งประดิษฐ์ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค **ศิลปะ (A)** 1) การออกแบบสิ่งประดิษฐ์ให้มีความประณีตและดึงดูดผู้บริโภค 2) การพูดโน้มน้าวใจ **คณิตศาสตร์ (M)** 1) การคำนวณความยาวและพื้นที่หน้าตัดของอุปกรณ์ให้สัมพันธ์กับความยาวและขนาดของอวัยวะ 2) การกำหนดราคา โดยคำนึงถึงต้นทุน กำไร และการขาดทุน

ตารางที่ 3.3 ลำดับแผนการจัดการเรียนรู้ หัวข้อ จำนวนคาบเรียน สถานการณ์ และความรู้และทักษะที่ใช้สร้างผลงานของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การสลายสารอาหารระดับเซลล์

แผนลำดับที่	หัวข้อ	จำนวนคาบ	สถานการณ์	ความรู้และทักษะที่ใช้ในการสร้างผลงาน
2	การสลายสารอาหารระดับเซลล์	6	ร้านเบเกอรี่ของสามีภรรยาคู่หนึ่งประสบปัญหาน้ำป่าไหลหลากอย่างรุนแรง ทำให้ทั้งคู่เสียชีวิตและสูตรขนมปังดั้งเดิมของร้านสูญหายไปกับน้ำท่วมทั้งหมด ทั้ง ๆ ที่ทั้งคู่ยังไม่เคยถ่ายทอดสูตรขนมปังใด ๆ ให้กับทายาทของเขาเลย และตัวทายาทเองก็ไม่เคยเรียนรู้เรื่องการอบขนมปังมาก่อนเพราะเป็นคนแพ้แป้งข้าวสาลี เมื่อได้ตรวจสอบภายในร้านพบว่ามีเตาอบ 1 เตา และมีเพียงถุงน้ำตาล ไข่ไก่ และกระปุกยีสต์เป็นวัสดุที่เหลืออยู่ภายในร้าน จากสถานการณ์ดังกล่าวหากนักเรียนเป็นทายาทของร้านเบเกอรี่แห่งนี้ นักเรียนจะคิดค้นสูตรขนมปัง วิธีการผลิตขนมปังสูตรใหม่สำหรับผู้ที่แพ้แป้งข้าวสาลีอย่างไร พร้อมออกแบบบรรจุภัณฑ์และกำหนดราคา เพื่อให้ร้านเบเกอรี่ของครอบครัวสามารถดำเนินกิจการต่อไปและมีความโดดเด่นแข่งขันกับร้านอื่นได้ **ประเภทผลงาน:** วิธีการและสิ่งประดิษฐ์	**วิทยาศาสตร์ (S)** 1) กระบวนการสลายอาหารระดับเซลล์แบบไม่ใช้ออกซิเจน 2) การนำความรู้เกี่ยวกับกระบวนการหมักไปใช้ในชีวิตประจำวัน **เทคโนโลยี (T)** 1) การเลือกใช้วัสดุและอุปกรณ์ที่เหมาะสมในการออกแบบสูตรขนมปังและการอบขนมปังให้รับประทานได้จริง 2) การสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ **วิศวกรรม (E)** 1) การออกแบบส่วนผสมและวิธีการผลิตขนมปังด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยคำนึงถึงความคุ้มค่าของทรัพยากร **ศิลปะ (A)** 1) การออกแบบรูปร่างของขนมปังให้มีความแปลกใหม่ 2) การออกแบบและสร้างบรรจุภัณฑ์ให้ดึงดูดผู้บริโภค **คณิตศาสตร์ (M)** 1) การคำนวณปริมาณและสัดส่วนของส่วนผสมในสูตรขนมปัง 2) การกำหนดราคาโดยคำนึงถึงต้นทุน กำไร และการขาดทุน

ตารางที่ 3.4 ลำดับแผนการจัดการเรียนรู้ หัวข้อ จำนวนคาบเรียน สถานการณ์ และความรู้และทักษะที่ใช้สร้างผลงานของหน่วยการเรียนรู้เรื่อง การสืบพันธุ์

แผนลำดับที่	หัวข้อ	จำนวนคาบ	สถานการณ์	ความรู้และทักษะที่ใช้ในการสร้างผลงาน
3	การสืบพันธุ์	6	สำนักงานกองทุนสนับสนุนการสร้างเสริมสุขภาพ (สสส.) กระทรวงสาธารณสุข ได้จัด “โครงการห่วงอนามัยความปลอดภัยที่วัยรุ่นเลือกได้” ซึ่งมีวัตถุประสงค์เพื่อส่งเสริมให้วัยรุ่นมีความตระหนักและรู้จักวิธีการป้องกันปัญหาการมีบุตรก่อนวัยอันควร โดยเปิดรับสมัครทีมเยาวชนอายุไม่เกิน 18 ปี ออกแบบผลิตภัณฑ์ห่วงอนามัยส่งเข้าประกวด ทีมผู้ชนะการประกวดทาง สสส. จะนำผลงานไปสร้างเป็นห่วงอนามัยเพื่อให้ประชาชนทั่วไปได้ใช้จริงในท้องตลาด จากสถานการณ์ดังกล่าวหากนักเรียนเป็นทีมผู้เข้าประกวด นักเรียนจะออกแบบและสร้างห่วงอนามัยให้มีความแปลกใหม่ดึงดูดผู้บริโภค และทดสอบประสิทธิภาพในการใช้อย่างไร และกำหนดราคาสินค้าเพื่อนำเสนอต่อคณะกรรมการ **ประเภทผลงาน:** วิธีการและสิ่งประดิษฐ์	**วิทยาศาสตร์ (S)** 1) กระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์และการปฏิสนธิของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม 2) วิธีการป้องกันปัญหาการมีบุตรก่อนวัยอันควร **เทคโนโลยี (T)** 1) การสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ 2) การเลือกและใช้วัสดุที่เหมาะสมในการออกแบบห่วงอนามัย **วิศวกรรม (E)** 1) ออกแบบผลิตภัณฑ์ห่วงอนามัย เพื่อระบุข้อบกพร่องที่อาจจะเกิดขึ้นและตรวจสอบความเป็นไปได้ **ศิลปะ (A)** 1) การออกแบบรูปร่างและพื้นผิวของห่วงอนามัยและอวัยวะภายในจำลองให้สมจริง **คณิตศาสตร์ (M)** 1) การใช้ขนาดและความหนาของรูปทรงทางเรขาคณิตออกแบบ

ตารางที่ 3.5 ลำดับแผนการจัดการเรียนรู้ หัวข้อ จำนวนคาบเรียน สถานการณ์ และความรู้และทักษะที่ใช้สร้างผลงานของหน่วยการเรียนรู้เรื่อง การเจริญเติบโตของสัตว์

แผนลำดับที่	หัวข้อ	จำนวนคาบ	สถานการณ์	ความรู้และทักษะที่ใช้ในการสร้างผลงาน
4	การเจริญเติบโตของสัตว์	6	กรมส่งเสริมการเกษตร ได้รับการร้องทุกข์จากเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่รายย่อยจำนวนมากว่าผลผลิตของไก่ที่ฟักด้วยวิธีธรรมชาติได้ผลผลิตที่ไม่ดีเท่าที่ควรและไม่สามารถผลิตได้ทันต่อความต้องการของตลาด เกษตรกรจึงร้องขอความช่วยเหลือกับกรมส่งเสริมการเกษตรให้ช่วยสร้างเครื่องฟักไข่แก่เกษตรกรผู้มีปัญหา พร้อมชี้แจงวิธีการใช้ จากสถานการณ์ดังกล่าวหากนักเรียนเป็นวิศวกรการเกษตรที่ทำงานในกรมส่งเสริมการเกษตร นักเรียนจะออกแบบเครื่องฟักไข่และเลือกใช้อุปกรณ์เพื่อแก้ปัญหาอย่างไร ระบุเหตุผลว่าเครื่องฟักไข่ที่ออกแบบมีความปลอดภัยต่อการเจริญเติบโตของไก่อย่างไร พร้อมแสดงรูปตัวอย่างการเจริญเติบโตของไก่ที่จะฟักได้จากเครื่องฟักไข่ตามระยะเวลาเพื่อให้เกษตรกรได้เข้าใจและใช้เครื่องฟักไข่อย่างถูกวิธี **ประเภทผลงาน:** วิธีการ	**วิทยาศาสตร์ (S)** 1) การเจริญเติบโตของเอ็มบริโอไก่ 2) ปัจจัยที่จำเป็นต่อการเจริญเติบโตของเอ็มบริโอไก่ **เทคโนโลยี (T)** 1) การสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ 2) การเลือกใช้เทคโนโลยี วัสดุอุปกรณ์เพื่อออกแบบเครื่องฟักไข่ **วิศวกรรม (E)** 1) การออกแบบเครื่องฟักไข่เพื่อแก้ปัญหาด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยคำนึงถึงความปลอดภัย **ศิลปะ (A)** 1) การออกแบบเครื่องฟักไข่โดยใช้ภาพ 3 มิติและใช้สีให้สวยงาม **คณิตศาสตร์ (M)** 1) การวัดขนาดในการออกแบบเครื่องฟักไข่ให้เหมาะสม

4. ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วยให้ครอบคลุมเนื้อหาเรื่อง ระบบย่อยอาหาร การสลายสารอาหารระดับเซลล์ การสืบพันธุ์ และการเจริญเติบโตของสัตว์ จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วย รวมจำนวน 24 คาบเรียน โดยใช้แนวคิดสะตีมศึกษาในการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน

5. นำแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วยที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้น จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลักและอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วมเพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาสาระที่ใช้ในการจัดกิจกรรม ความสอดคล้องระหว่างผลการเรียนรู้ เนื้อหาสาระ การจัดกิจกรรม และการประเมินผลของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา และตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของการใช้ภาษา จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

6. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์แล้วให้ผู้ทรงคุณวุฒิ ซึ่งมีประสบการณ์สอนชีววิทยา จำนวน 3 ท่าน ได้แก่ ผู้ทรงคุณวุฒิด้านครุศาสตร์หรือศึกษาศาสตร์ และผู้ทรงคุณวุฒิด้านการสอนในสถานศึกษา เพื่อพิจารณาตรวจสอบค่าดัชนีความตรง (Index of Item-Objective Congruence: IOC) ความสอดคล้องระหว่างผลการเรียนรู้ ความถูกต้องของเนื้อหาสาระที่ใช้ในการจัดกิจกรรม การจัดกิจกรรมการเรียนการสอน และการประเมินผลของแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะตีมศึกษา และตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของการใช้ภาษา จากนั้นพิจารณารายการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ในแต่ละประเด็นของทุกแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 และปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้ สรุปได้ดังนี้

1) ด้านจุดประสงค์การเรียนรู้ ปรับให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้มากขึ้น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1

2) ด้านสาระการเรียนรู้ ให้ระบุความชัดเจนของเนื้อหาในขั้นตอนของกิจกรรมขั้นศึกษาค้นคว้าของทุกแผนการจัดการเรียนรู้ และปรับภาษาเขียนให้ถูกต้อง พร้อมปรับข้อความให้มีความกระชับได้ใจความมากยิ่งขึ้น ในทุกแผนการจัดการเรียนรู้

3) ด้านกิจกรรมการเรียนรู้ ให้ปรับคำถามที่ใช้ในขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ให้มีความกว้างในการตอบมากยิ่งขึ้นในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 และระบุกระบวนการทางวิศวกรรมให้มี

ความชัดเจน โดยให้ระบุในแผนการจัดการเรียนรู้ขั้นประเมินและปรับปรุงของทุกแผนว่ามีการปรับปรุงผลงาน

4) ด้านสื่อการเรียนรู้ ให้เพิ่มแหล่งที่เข้าถึงข้อมูลวีดิทัศน์ในทุกแผนการจัดการเรียนรู้

5) ด้านการประเมินผลการเรียนรู้ ให้ปรับการประเมินให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้มากขึ้นในทุกแผนการจัดการเรียนรู้ โดยปรับเป็นตารางระบุประเด็นที่ต้องการวัดประเมิน วิธีการประเมิน เครื่องมือการวัดประเมินและเกณฑ์ รวมถึงสร้างรูบริคหรือแบบประเมินชิ้นงานที่ชัดเจนของแต่ละชิ้นงาน

7. นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ และนำเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องอีกครั้ง

8. นำแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง ระบบย่อยอาหาร ไปทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/11 ที่กำลังศึกษาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ณ โรงเรียนเดียวกับกลุ่มเป้าหมาย

9. นำผลการทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และผลการทดลองใช้แผนการจัดการเรียนรู้พบประเด็นที่ต้องปรับปรุงและแก้ไข ดังนี้

1) ปรับแบบบันทึกกิจกรรมสำหรับสถานการณ์ของหน่วยการเรียนรู้ที่ 1-3 ให้เหมาะสมกับการตอบคำถามในขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ โดยปรับให้นักเรียนเติมคำตอบของกลุ่มลงในกระดาษเปล่าแทนการเติมในแบบบันทึกกิจกรรม ซึ่งจะทำให้นักเรียนไม่เห็นคำถามก่อนการจับเวลา

2) ปรับลำดับของการแจกแบบบันทึกกิจกรรมสำหรับสถานการณ์โดยให้เริ่มแจกเมื่อสิ้นสุดขั้นวิเคราะห์สถานการณ์แล้ว

3) ปรับเวลาในการนำเสนอชิ้นงานจากกลุ่มละ 10 นาที เป็นกลุ่มละ 7 นาที เนื่องจากนักเรียนบางกลุ่มนำเสนอเสร็จก่อนเวลาทำให้เกิดช่วงเวลาว่างนานเกินไป

4) ปรับการเขียนแบบประเมินผลงานให้มีความเหมาะสมของภาษาและปรับเกณฑ์การประเมินให้ชัดเจนมากขึ้น

10. นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไขอีกครั้งแล้วนำไปใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมาย

3.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยมีการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน 2 ลักษณะ ได้แก่ (1) การวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน (2) การประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการ จากการปฏิบัติกิจกรรมออกแบบและจัดทำผลงานในหน่วยการเรียนรู้สุดท้าย โดยใช้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(2.1) แบบประเมินการออกแบบผลงาน และ (2.2) แบบประเมินผลงาน นอกจากนี้ผู้วิจัยมีการดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนโดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา การเก็บรวบรวมข้อมูลความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ 2 ลักษณะดังกล่าว และการเก็บรวบรวมข้อมูลผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา มีรายละเอียดการพัฒนาเครื่องมือ ดังนี้

1) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน มีจำนวน 2 ชุด ได้แก่ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน แบบวัดทั้งสองฉบับนี้เป็นแบบวัดคู่ขนาน (Parallel tests) มีขั้นตอนในการพัฒนา ดังนี้

1. ศึกษาบทความทางวิชาการของ Newton (2010) และบทความวิจัยของ Hu & Adey (2002) และ Aktamis et al. (2005) เป็นหลัก ซึ่งเป็นเอกสารในต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการวัดและประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์องค์ประกอบและกำหนดตัวชี้วัดพฤติกรรมที่ใช้สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ได้ข้อความตัวชี้วัดของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ปรากฏดังตารางที่ 3.6

ตารางที่ 3.6 ตารางแสดงองค์ประกอบและตัวชี้วัดพฤติกรรมของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบ	ตัวชี้วัดพฤติกรรม
1. ความคิดคล่อง	ความสามารถในการคิดคำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์ได้จำนวนมากในเวลาที่จำกัด
2. ความคิดยืดหยุ่น	ความสามารถในการคิดคำตอบที่มีความหลากหลายของหมวดหมู่ หรือมีหลายแนวทางและสอดคล้องกับสถานการณ์
3. ความคิดริเริ่ม	ความสามารถในการคิดคำตอบที่แปลกใหม่ มีความโดดเด่นและสอดคล้องกับสถานการณ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับก่อนเรียนให้สอดคล้องกับตัวชี้วัดพฤติกรรม โดยเป็นแบบวัดประเภทอัตนัย มีข้อคำถามจำนวน 6 ข้อ ได้แก่ ข้อคำถามที่ใช้วัดความคิดคล่องจำนวน 4 ข้อ (ข้อ 1-4) ความคิดยืดหยุ่นจำนวน 6 ข้อ (ข้อ 1-6) และความคิดริเริ่มจำนวน 6 ข้อ (ข้อ 1-6) โดยข้อคำถามข้อที่ 1-4 จับเวลาในการทำแบบวัด ข้อละ 2 นาที ใช้เวลาทำแบบวัด 30 นาที

3. สร้างเกณฑ์การให้คะแนนสำหรับการตรวจคำตอบของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้แนวทางของ Aktamis et al. (2005) และ Torrance (1992) รายละเอียดแสดงดังตารางที่ 3.7

ตารางที่ 3.7 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (Aktamis et al., 2005; Torrance, 1992)

องค์ประกอบ	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน	ระดับความสามารถ
ความคิดคล่อง จำนวน 4 ข้อ (ข้อ 1-4)	4 ข้อ ข้อละ 4 คะแนน รวม 16 คะแนน	ให้คะแนนคำตอบที่สอดคล้องกับข้อคำถาม และเป็นคำตอบที่ไม่ซ้ำกัน กำหนดเวลา 2 นาที มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ 1. คำตอบ 10 คำตอบขึ้นไป ได้ 4 คะแนน 2. คำตอบ 7-9 คำตอบ ได้ 3 คะแนน 3. คำตอบ 4-6 คำตอบ ได้ 2 คะแนน 4. คำตอบ 1-3 คำตอบ ได้ 1 คะแนน	ดีมาก ดี พอใช้ ควรปรับปรุง
ความคิดยืดหยุ่น จำนวน 6 ข้อ (ข้อ 1-6)	6 ข้อ ข้อละ 4 คะแนน รวม 24 คะแนน	ให้คะแนนกลุ่มของคำตอบที่สอดคล้องกับข้อคำถามและมีแนวทางเดียวกัน มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ 1. กลุ่มคำตอบ 6 กลุ่มขึ้นไป ได้ 4 คะแนน 2. กลุ่มคำตอบ 4-5 กลุ่ม ได้ 3 คะแนน 3. กลุ่มคำตอบ 2-3 กลุ่ม ได้ 2 คะแนน 4. กลุ่มคำตอบ 1 กลุ่ม ได้ 1 คะแนน	ดีมาก ดี พอใช้ ควรปรับปรุง
ความคิดริเริ่ม จำนวน 6 ข้อ (ข้อ 1-6)	6 ข้อ ข้อละ 4 คะแนน รวม 24 คะแนน	ให้คะแนนคำตอบที่สอดคล้องกับข้อคำถาม และมีความแตกต่างจากคำตอบทั่วไปของนักเรียนทั้งห้อง มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ 1. คำตอบที่มีผู้ตอบ 1 คน ได้ 4 คะแนน 2. คำตอบที่มีผู้ตอบ 2-3 คน ได้ 3 คะแนน 3. คำตอบที่มีผู้ตอบ 4-6 คน ได้ 2 คะแนน 4. คำตอบที่มีผู้ตอบตั้งแต่ 7 คนขึ้นไป ได้ 1 คะแนน	ดีมาก ดี พอใช้ ควรปรับปรุง
รวมทั้งฉบับ	64 คะแนน		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. กำหนดช่วงคะแนนร้อยละและระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ พิจารณาใช้ช่วงคะแนนร้อยละจากพิสัย โดยการนำคะแนนค่าสูงสุดลบกับคะแนนค่าต่ำสุด จากนั้นนำคะแนนที่ได้หารกับจำนวนระดับความสามารถ ทำให้ได้ช่วงคะแนนร้อยละในแต่ละระดับความสามารถที่ห่างเท่า ๆ กัน ดังตารางที่ 3.8

ตารางที่ 3.8 ช่วงคะแนนร้อยละและระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ช่วงคะแนนร้อยละ	ระดับความสามารถ
76-100	ดีมาก
51-75	ดี
26-50	พอใช้
0-25	ควรปรับปรุง

5. นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับก่อนเรียน รวมทั้งเกณฑ์การประเมินความคิดสร้างสรรค์ที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความสอดคล้อง ความถูกต้องเหมาะสมของข้อคำถาม ตัวชี้วัดพฤติกรรมและการใช้ภาษา จากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

6. นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับก่อนเรียน รวมทั้งเกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ได้แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ให้ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยญชาญในด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์หรือศึกษาศาสตร์ และครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (รายนามปรากฏดังภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบค่าดัชนีความตรง (IOC) ของข้อคำถามต่อความสอดคล้องของพฤติกรรมที่ต้องการวัด และลักษณะการใช้คำถาม จากนั้นพิจารณารายการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิในแต่ละข้อ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.33-1.00 และปรับปรุงแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับก่อนเรียนตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ฉบับก่อนเรียน สรุปได้ดังนี้

1) ปรับแก้ไขเวลาที่ใช้ในการตอบคำถามของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้ ข้อที่ 1-4 จากข้อละ 2 นาทีเป็นข้อละ 3 นาที และปรับแก้ไขเวลารวมที่ใช้ในการทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จาก 30 นาที เป็น 45 นาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) ปรับคำถามข้อที่ 1 และข้อที่ 5 ให้ภาษาสื่อความหมายชัดเจนมากยิ่งขึ้น

3) เพิ่มรูปภาพในคำถามข้อที่ 3 เพื่อให้สื่อความหมายตรงกัน

4) เพิ่มเกณฑ์ที่กำหนดชัดเจนในการตัดสินคำตอบในข้อคำถามข้อที่ 6

7. นำข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่านมาปรับปรุงแก้ไขแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และเกณฑ์การให้คะแนนอีกครั้ง

8. นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับก่อนเรียน และเกณฑ์การให้คะแนนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4/15 ปีการศึกษา 2559 เพื่อตรวจสอบคุณภาพแบบวัดรายข้อในด้านค่าความยากง่าย ค่าอำนาจจำแนก (โชติกา ภาษีผล และคณะ, 2558) โดยแบบวัดฉบับก่อนเรียนมีค่าความยากระหว่าง 0.40-0.72 มีค่าอำนาจจำแนกมีค่าระหว่าง 0.32-0.62 ตรวจสอบค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.82

9. นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับก่อนเรียนที่ผ่านการทดลองใช้แล้วมาตรวจสอบความเที่ยงของการประเมินระหว่างผู้ทรงคุณวุฒิ 2 ท่าน และผู้วิจัย (Inter-rater relibility) จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (สุรชัย มีธาตุ, 2547) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผู้ทรงคุณวุฒิและผู้วิจัย โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างผู้ทรงคุณวุฒิมีค่า 0.95 และระหว่างผู้วิจัยกับผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละท่าน มีค่า 0.96 และ 0.99 ตามลำดับ (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง)

10. นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับก่อนเรียนไปใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเพื่อเก็บข้อมูลก่อนเรียนในส่วนของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

11. สร้างแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ฉบับหลังเรียน ให้สอดคล้องกับตัวชี้วัดพฤติกรรม ซึ่งเป็นแบบวัดคู่ขนานกับฉบับก่อนเรียน โดยแบบวัดมีข้อคำถามทั้งหมด 6 ข้อ ประกอบด้วย ข้อคำถามที่ใช้วัดความคิดคล่องจำนวน 4 ข้อ (ข้อ 1-4) ความคิดยืดหยุ่นจำนวน 6 ข้อ (ข้อ 1-6) และความคิดริเริ่มจำนวน 6 ข้อ (ข้อ 1-6) โดยข้อคำถามข้อที่ 1-4 จับเวลาในการทำแบบวัดข้อละ 3 นาที ระยะเวลาที่ใช้ทำแบบวัดทั้งสิ้น 45 นาที โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนนสำหรับตรวจคำตอบเช่นเดียวกันแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับก่อนเรียน

12. นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับหลังเรียน รวมทั้งเกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความสอดคล้อง ความถูกต้องเหมาะสมของข้อคำถาม ตัวชี้วัดพฤติกรรมและการใช้ภาษา และ

พิจารณาความเป็นแบบวัดคู่ขนานของข้อคำถามระหว่างฉบับก่อนและหลังเรียน จากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

13. นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับหลังเรียนที่ได้แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ รวมทั้งเกณฑ์การให้คะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับก่อนเรียนให้ผู้ทรงคุณวุฒิที่มีความเชี่ยญชาญในด้านความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วย อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์หรือศึกษาศาสตร์ และครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (รายนามปรากฏดังภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบค่าดัชนีความตรง (IOC) ของข้อคำถามต่อความสอดคล้องของพฤติกรรมที่ต้องการวัดลักษณะการใช้คำถาม และพิจารณาว่าข้อคำถามฉบับหลังเรียนสามารถใช้เป็นแบบวัดคู่ขนานกับฉบับก่อนเรียนได้ จากนั้นพิจารณารายการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิในแต่ละข้อ ซึ่งมีค่าอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 และปรับปรุงแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับหลังเรียนตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ฉบับหลังเรียน ได้แก่ ปรับคำถามข้อที่ 2 ให้ภาษาสื่อความหมายชัดเจนมากยิ่งขึ้น

14. นำข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงแก้ไขแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ฉบับหลังเรียน

15. นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับหลังเรียนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4/15 ปีการศึกษา 2559 เพื่อตรวจสอบคุณภาพแบบวัดรายข้อในด้านค่าความยาก ค่าอำนาจจำแนก (โชติกา ภาษีผล และคณะ, 2558) โดยแบบวัดฉบับหลังเรียนมีค่าความยากระหว่าง 0.53-0.66 มีค่าอำนาจจำแนกมีค่าระหว่าง 0.29-0.46 ตรวจสอบค่าความเที่ยงแบบความสอดคล้องภายในโดยใช้สัมประสิทธิ์แอลฟาของครอนบาค (Cronbach's Alpha Coefficient) มีค่าเท่ากับ 0.78 และตรวจสอบค่าความเที่ยงของแบบวัดทั้ง 2 ฉบับ โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์เพียร์สัน มีค่าเท่ากับ 0.83

16. นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับหลังเรียนที่ผ่านการทดลองใช้แล้วมาตรวจสอบความเที่ยงของการประเมินระหว่างผู้ทรงคุณวุฒิ 2 ท่าน และผู้วิจัย (Inter-rater reliability) จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (สุรชัย มีธาตุ, 2547) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างผู้ทรงคุณวุฒิและผู้วิจัย โดยค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ผู้ทรงคุณวุฒิ มีค่าเท่ากับ 0.96 และระหว่างผู้วิจัยกับผู้ทรงคุณวุฒิแต่ละท่าน มีค่าเท่ากับ 0.98 และ 0.99 ตามลำดับ

17. นำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับหลังเรียนไปใช้เพื่อเก็บข้อมูลความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายภายหลังการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษา

2) แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการ

แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการ ประกอบด้วยแบบประเมิน 2 ชุด ได้แก่ (1) แบบประเมินการออกแบบผลงาน และ (2) แบบประเมินผลงาน แบบประเมิน 2 ชุดนี้ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จากการปฏิบัติงานของนักเรียนในหน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การเจริญเติบโตของสัตว์ ซึ่งเป็นหน่วยการเรียนรู้สุดท้ายของการวิจัยครั้งนี้ โดยมีขั้นตอนการพัฒนาแบบประเมินและตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

1. ศึกษาบทความทางวิชาการจาก Clary et al. (2011) และบทความวิจัยของ Yang et al. (2016) เป็นหลัก ซึ่งเป็นเอกสารในต่างประเทศที่เกี่ยวข้องกับแนวทางการวัดและประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการ เพื่อกำหนดเกณฑ์ในการประเมินการออกแบบผลงาน และการประเมินผลงานเป็นรายบุคคล

2. สร้างแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการ ได้แก่ (1) แบบประเมินการออกแบบผลงาน และ (2) แบบประเมินผลงาน (ดังตัวอย่างในภาคผนวก ค) โดยมีรายละเอียดดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1 สร้างแบบประเมินการออกแบบผลงานให้สอดคล้องกับตัวชี้วัดพฤติกรรมขององค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อประเมินการออกแบบผลงานในแบบบันทึกกิจกรรมสำหรับสถานการณ์ประเภทอัตนัย ประกอบด้วยข้อคำถาม 3 ข้อ ตรวจให้คะแนนโดยใช้แบบประเมินการออกแบบผลงาน ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนโดยพิจารณา 3 องค์ประกอบ ดังนี้ (1) ความคิดคล่อง (ข้อ 1) (2) ความคิดยืดหยุ่น (ข้อ 2) และ (3) ความคิดริเริ่ม (ข้อ 3) ข้อละ 4 คะแนน รวมคะแนนเต็ม 12 คะแนน โดยแต่ละองค์ประกอบแบ่งคะแนนออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับดีมาก (4 คะแนน) ระดับดี (3 คะแนน) ระดับพอใช้ (2 คะแนน) และระดับควรปรับปรุง (1 คะแนน)

2.2 สร้างแบบประเมินผลงาน เพื่อประเมินผลงานของนักเรียนรายบุคคลมีลักษณะเป็นการออกแบบเครื่องฟักไข่ลงในกระดาษโปสเตอร์ ซึ่งจะปรากฏให้เห็นองค์ประกอบความคิดริเริ่ม

แต่ไม่ปรากฏองค์ประกอบความคิดคล่องและความคิดยืดหยุ่นจากการประเมินผลงาน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนแบ่งออกเป็น 4 ประเด็น ได้แก่ (1) ลักษณะและรายละเอียดของผลงาน (2) คุณสมบัติของผลงาน (3) การนำเสนอผลงาน และ (4) ความคิดริเริ่ม ซึ่งในแต่ละประเด็นแบ่งระดับคะแนนออกเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับดีมาก (4 คะแนน) ระดับดี (3 คะแนน) ระดับพอใช้ (2 คะแนน) และระดับควรปรับปรุง (1 คะแนน) รวมคะแนนเต็ม 16 คะแนน

3. กำหนดช่วงคะแนนร้อยละและระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ที่ใช้สำหรับแบบประเมินการออกแบบผลงานและแบบประเมินผลงาน โดยใช้ช่วงคะแนนร้อยละเช่นเดียวกับที่ใช้สำหรับแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แบ่งเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับดีมาก ดี พอใช้ และควรปรับปรุง ดังตารางที่ 3.8

4. นำเครื่องมือแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการที่สร้างขึ้นทั้ง 2 ชุด ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้อง ตัวชี้วัดพฤติกรรม และการใช้ภาษา จากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะ

5. นำแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการทั้ง 2 ชุดที่ได้แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ประกอบด้วยอาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์หรือศึกษาศาสตร์ และครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีความเชี่ยญชาญในการตรวจสอบแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการ (รายนามปรากฏดังภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้าง (Construct Vailidity) ความสอดคล้องของแบบประเมินต่อพฤติกรรมที่ต้องการวัด และลักษณะการใช้ภาษาเพื่อนำมาปรับปรุงแก้ไข

6. นำข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่าน มาปรับปรุงแก้ไขแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการอีกครั้ง จากนั้นพิจารณารายการประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) ในแต่ละประเด็นการประเมิน โดยแบบประเมินการออกแบบชิ้นงานและแบบประเมินชิ้นงานมีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 และปรับปรุงแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการทั้ง 2 ชุด ตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการ สรุปได้ดังนี้

6.1 แบบประเมินการออกแบบผลงาน

1) ปรับภาษาที่ใช้ให้สื่อความชัดเจนมากยิ่งขึ้นในทุกองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) ปรับความชัดเจนของเกณฑ์การประเมินแต่ละระดับของการประเมินความคิดริเริ่มให้สอดคล้องกับการนำไปใช้จริง

6.2 แบบประเมินผลงาน

1) เรียบเรียงเกณฑ์การประเมินในแต่ละระดับคะแนนให้ขาดจากกันเพื่อความชัดเจนของการประเมิน

2) ปรับความชัดเจนของเกณฑ์การประเมินแต่ละระดับคะแนนในประเด็นความคิดริเริ่มของผลงานให้สอดคล้องกับการนำไปใช้จริง

7. นำข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่านมาปรับปรุงแก้ไขแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการทั้ง 2 ชุดและนำปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

8. นำแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการทั้ง 2 ชุดที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วให้ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่มีความเชี่ยญชาญด้านการประเมินผลงานของนักเรียน จำนวน 2 ท่าน ทดลองใช้แบบประเมินดังกล่าวกับแบบบันทึกกิจกรรมสำหรับสถานการณ์และผลงานของนักเรียนเพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบประเมิน

9. นำแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการทั้ง 2 ชุดที่ผ่านการทดลองใช้แล้วมาตรวจสอบความเที่ยงของการประเมินระหว่างครูผู้เชี่ยญชาญ 2 ท่าน และผู้วิจัย (Inter-rater reliability) จากนั้นนำข้อมูลมาวิเคราะห์ค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ (สุรชัย มีธาตุ, 2547) เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องระหว่างครูผู้เชี่ยวชาญและผู้วิจัย มีรายละเอียดดังนี้

9.1 แบบประเมินการออกแบบผลงานมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างครูผู้เชี่ยวชาญ เท่ากับ 0.99 และระหว่างผู้วิจัยกับครูผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่าน มีค่าเท่ากับ 0.91 และ 0.93 ตามลำดับ

9.2 แบบประเมินผลงานมีค่าสัมประสิทธิ์สหสัมพันธ์ระหว่างครูผู้เชี่ยวชาญ เท่ากับ 0.89 และระหว่างผู้วิจัยกับครูผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่าน มีค่าเท่ากับ 0.88 และ 0.86 ตามลำดับ

10. นำผลการตรวจสอบความเที่ยงของการประเมินมาปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ก่อนนำแบบประเมินทั้ง 2 ชุด ไปใช้ประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มเป้าหมาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

1. ศึกษาแนวทางการวัดและประเมินผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาจากเอกสารทั้งในและต่างประเทศ จากหนังสือการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของ โชติกา ภาษีผล และคณะ (2558) หนังสือวิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไปของ พิมพันธ์ เดชะคุปต์และพเยาว์ ยินดีสุข (2548) และหนังสือการประเมินการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของ Klopfer (1971) เป็นหลัก เพื่อกำหนดพฤติกรรมที่ต้องการวัดของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาและตัวชี้วัดพฤติกรรม ดังตารางที่ 3.9

ตารางที่ 3.9 ตารางแสดงพฤติกรรมที่ต้องการวัดและตัวชี้วัดพฤติกรรม ตามหลักของ Klopfer (พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และพเยาว์ ยินดีสุข, 2548)

พฤติกรรมที่ต้องการวัด	ตัวชี้วัดพฤติกรรม
ความรู้ความจำ	นักเรียนสามารถจำความรู้ทางวิทยาศาสตร์จากการค้นคว้าด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การอ่านหนังสือ หรือ ฟังบรรยาย
ความเข้าใจ	นักเรียนมีความเข้าใจความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และสามารถแปลความหมายของความรู้วิทยาศาสตร์ต่าง ๆ ได้
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	นักเรียนสามารถแสวงหาความรู้และแก้ปัญหาด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งต้องอาศัยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์
การนำความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	นักเรียนสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตลอดจนวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. กำหนดสัดส่วนของพฤติกรรมที่ต้องการวัด ทั้ง 4 ด้าน ให้สอดคล้องกับผลการเรียนรู้ของแต่ละบทเรียน ได้แก่ เรื่อง ระบบย่อยอาหาร การสลายอาหารระดับเซลล์ การสืบพันธุ์ และการเจริญเติบโตของสัตว์ เพื่อกำหนดรูปแบบของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา โดยเป็นแบบทดสอบแบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อคำถาม ข้อละ 1 คะแนน รวม 40 คะแนน โดยใช้เวลาทำแบบทดสอบ 30 นาที ซึ่งมีจำนวนข้อของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ดังตารางที่ 3.10

ตารางที่ 3.10 จำนวนข้อของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาในแต่ละหน่วยการเรียนรู้

หน่วยการเรียนรู้และผลการเรียนรู้	พฤติกรรมที่ต้องการวัด				จำนวนข้อ
	ความรู้ความจำ (ร้อยละ 20)	ความเข้าใจ (ร้อยละ 30)	กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 20)	การนำไปใช้ (ร้อยละ 30)	
1. ระบบย่อยอาหาร (จำนวน 10 ข้อ)					
1.1 อธิบายกระบวนการย่อยอาหารของจุลินทรีย์บางชนิด	1		-	-	1
1.2 เปรียบเทียบแบบแผนของทางเดินอาหารและกระบวนการย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิด	-	2	-	-	2
1.3 อธิบายส่วนประกอบและหน้าที่ของทางเดินอาหารแต่ละส่วนในร่างกายของคน รวมถึงกระบวนการย่อยอาหารและดูดซึมสารอาหาร	1	1	2	1	5
1.4 ระบุสาเหตุบางประการที่ทำให้เกิดความผิดปกติกับทางเดินอาหารบางส่วนของคน และสามารถนำความรู้ไปใช้ในการดูแลสุขภาพ	-	-	-	2	2
2. การสลายอาหารระดับเซลล์ (จำนวน 10 ข้อ)					
2.1 อธิบายกระบวนการสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจน	2	1	-	-	3
2.2 อธิบายกระบวนการสลายสารอาหารแบบไม่ใช้ออกซิเจน	-	1	-	2	3
2.3 เปรียบเทียบกระบวนการสลายอาหารในกระบวนการหมักแอลกอฮอล์ กระบวนการหมักกรดแลกติก และกระบวนการสลายสารอาหารแบบใช้ออกซิเจน	-	1	2	1	4

หน่วยการเรียนรู้และผลการเรียนรู้	พฤติกรรมที่ต้องการวัด				จำนวนข้อ
	ความรู้ความจำ (ร้อยละ 20)	ความเข้าใจ (ร้อยละ 30)	กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (ร้อยละ 20)	การนำไปใช้ (ร้อยละ 30)	
3. การสืบพันธุ์ (จำนวน 10 ข้อ)					
3.1 บอกความสำคัญของการสืบพันธุ์ การสืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิด	1	-	-	-	1
3.2 อธิบายการสืบพันธุ์ของคน	1	1	-	-	2
3.3 อธิบายกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม	-	1	2	2	5
3.4 อธิบายการใช้เทคโนโลยีในการแก้ปัญหาภาวะมีบุตรยาก	-	1	-	1	2
4. การเจริญเติบโตของสัตว์ (จำนวน 10 ข้อ)					
4.1 อธิบายกระบวนการเจริญเติบโตของสัตว์บางชนิด	1	1	1	2	5
4.2 อธิบายกระบวนการเจริญเติบโตของคน	1	1	1	-	3
4.3 ยกตัวอย่างความผิดปกติของการตั้งครรภ์ และสภาวะบางประการที่มีผลต่อการเจริญเติบโตของทารกในครรภ์	-	1	-	1	2
รวม	8	12	8	12	40

3. กำหนดช่วงคะแนนเพื่อวัดระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ดังตารางต่อไปนี้

ตารางที่ 3.11 ตารางแสดงระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา (กระทรวงศึกษาธิการ, 2553)

ร้อยละของคะแนนรวม	ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา
80-100	ดีเยี่ยม
75-79	ดีมาก
70-74	ดี
65-69	ค่อนข้างดี
60-64	ปานกลาง
55-59	พอใช้
50-54	ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ
0-49	ต่ำกว่าเกณฑ์

4. สร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา แบบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ให้สอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัดทั้ง 4 ด้านและผลการเรียนรู้ที่ได้ระบุไว้ ในตารางที่ 3.9-3.10

5. นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่สร้างขึ้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมของเนื้อหา ตัวชี้วัดพฤติกรรมและการใช้ภาษา จากนั้นนำมาปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์

6. นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่ได้แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ อาจารย์ประจำคณะครุศาสตร์หรือศึกษาศาสตร์ อาจารย์ประจำคณะวิทยาศาสตร์ และครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (รายนามปรากฏดังภาคผนวก ก) เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ความสอดคล้องของข้อคำถามและพฤติกรรมที่ต้องการวัด และลักษณะการใช้ภาษา โดยพิจารณาจากค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) มีค่าระหว่าง 0.33-1.00 (รายละเอียดแสดงในภาคผนวก ง) จากนั้นปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิ

ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาสรุปได้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1) ด้านความชัดเจนของข้อคำถาม ปรับภาษาให้สื่อความชัดเจนและแก้ไขคำที่สะกดผิด ปรับความยาวของตัวเลือกให้เหมาะสม ใช้คำให้เป็นไปในทางเดียวกันตลอดแบบทดสอบ ขีดเส้นใต้เน้นคำที่เป็นนิเสธ และปรับแก้ไขการเขียนประโยคปฏิเสธซ้อนในข้อคำถาม ในข้อที่ 27

2) ด้านความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา ปรับตัวเลือกให้ถูกต้องกับเนื้อหาในข้อที่ 5 ปรับภาพของคำถามให้สื่อความหมายของเนื้อหาชัดเจนขึ้นในข้อที่ 23 และระบุชื่อสัตว์ลงในแต่ละตัวเลือกเพื่อให้มีความชัดเจนของเนื้อหามากขึ้นในข้อที่ 37

7. นำข้อเสนอแนะจากผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 3 ท่านมาปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาและนำมาปรึกษากับอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์อีกครั้ง

8. นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่กำลังศึกษาอยู่ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งเป็นนักเรียนที่ผ่านการเรียน เรื่อง ระบบย่อยอาหาร การสลายสารอาหารระดับเซลล์ การสืบพันธุ์ และการเจริญเติบโตของสัตว์มาแล้ว เพื่อตรวจสอบคุณภาพแบบทดสอบรายข้อในด้านความยาก อำนาจจำแนก (โชติกา ภาษีผล และคณะ, 2558) โดยค่าความยากมีค่าระหว่าง 0.20-0.80 มีค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.20-0.80 และตรวจสอบคุณภาพของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยการคำนวณค่าความเที่ยงโดยใช้สูตรคูเดอร์-ริชาร์ดสัน (Kuder-Richardson: KR-20) ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.70

9. นำผลการทดลองใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาปรึกษาอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ปรับแก้ไขและนำไปใช้จริงกับกลุ่มเป้าหมาย

4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนและเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนที่เป็นกลุ่มเป้าหมายด้วยตนเอง โดยมีลำดับขั้นตอนดังต่อไปนี้

4.1 ขั้นเตรียมและเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการทดลอง

1. เตรียมนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ด้วยการแนะนำวิธีการเรียน วัตถุประสงค์ของการเรียนการสอนในรายวิชา การวัดและประเมินผล และประโยชน์ของการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษาให้แก่นักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

2. ดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลก่อนการจัดการเรียนการสอนกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย โดยการวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้วยเครื่องมือ 1 ชุด ได้แก่ แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ฉบับก่อนเรียน โดยใช้เวลาในการทำแบบวัด 45 นาที

4.2 ขั้นดำเนินการทดลอง

ดำเนินการจัดการเรียนการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษากบกลุ่มเป้าหมาย ด้วยแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วย จำนวน 4 แผน เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ คาบละ 50 นาที รวมทั้งสิ้น 24 คาบ

4.3 ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการทดลอง

ระหว่างการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วยของหน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การเจริญเติบโตของสัตว์ ซึ่งเป็นหน่วยการเรียนรู้สุดท้าย ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการทดลองกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมายเป็นรายบุคคล โดยใช้แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการ เพื่อใช้เป็นข้อมูลสนับสนุนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยแบบประเมิน 2 ชุด ได้แก่

1. แบบประเมินการออกแบบผลงาน
2. แบบประเมินผลงาน ใช้ประเมินผลงานที่นักเรียนจัดทำ

4.4 ขั้นเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง

เมื่อดำเนินการสอนครบตามแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วยทั้งหมดแล้ว ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการสอนกับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย จากเครื่องมือ 2 ชุด ได้แก่

1) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ฉบับหลังเรียน ซึ่งป็นแบบวัดคู่ขนาน ใช้เวลาทำแบบวัด 45 นาที

2) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ใช้เวลาทำแบบทดสอบ 30 นาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยแต่ละประเภทมาทำการวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

5.1 การวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

1. หาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนน และระบุระดับของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มเป้าหมายในแต่ละองค์ประกอบและภาพรวมของกลุ่มเป้าหมายหลังการทดลองจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ โดยตรวจให้คะแนนตามแนวทางของ Aktamis et al. (2005) และ Torrance (1992) ดังตารางที่ 3.7 และระบุระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ช่วงคะแนนดังตารางที่ 3.8

2. หาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนน และระบุระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มเป้าหมายจากการประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการ โดยใช้เกณฑ์จากแบบประเมินการออกแบบผลงานและแบบประเมินผลงาน หลังจากนั้นระบุระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยใช้ช่วงคะแนนดังตารางที่ 3.8

3. หาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนรวมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มเป้าหมายหลังการทดลอง จากแบบวัด แบบประเมินการออกแบบผลงาน และแบบประเมินผลงาน และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์กับเกณฑ์ระดับดีโดยกำหนดไว้ที่มากกว่าร้อยละ 50 ด้วยสถิติทดสอบทีของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวเทียบกับเกณฑ์ (One sample *t*-test)

4. ทดสอบค่าความแตกต่างของค่าเฉลี่ยคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของกลุ่มเป้าหมายจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ระหว่างก่อนและหลังเรียนที่มีคะแนนเต็มฉบับละ 64 คะแนน ด้วยสถิติทดสอบค่าทีแบบไม่อิสระ (Dependent *t*-test) โดยกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05

5. เปรียบเทียบจำนวนและร้อยละของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในแต่ละระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และระดับความสามารถในแต่ละองค์ประกอบระหว่างก่อนและหลังเรียนจากผลของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

5.2 การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. หาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของกลุ่มเป้าหมายหลังการทดลอง และทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยร้อยละของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยากับเกณฑ์ระดับดีโดยกำหนดไว้ที่ร้อยละ 70 ด้วยสถิติทดสอบทีของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวเทียบกับเกณฑ์ (One sample *t*-test)

2. นำค่าเฉลี่ยร้อยละของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาโดยรวมและแต่ละด้านพฤติกรรมมาเทียบกับช่วงคะแนนของระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

3. นำค่าเฉลี่ยร้อยละของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยามาวิเคราะห์หาจำนวนและร้อยละของนักเรียนในแต่ละระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา โดยเทียบกับช่วงคะแนนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัย เรื่อง ผลของการใช้แนวคิดสะตีมศึกษาในวิชาชีววิทยาที่มีต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล แบ่งออกเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียน

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

การวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย แบ่งออกเป็น 2 ประเด็น ได้แก่ (1) การศึกษาระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษา และ (2) การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษา ผลการวิเคราะห์มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. การศึกษาระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษา

การศึกษาระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลจากเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล 2 ชุด ได้แก่ (1) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับหลังเรียน และ (2) แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการ ประกอบด้วย (2.1) แบบประเมินการออกแบบผลงาน และ (2.2) แบบประเมินผลงาน แบ่งผลการวิเคราะห์ออกเป็น 3 ประเด็น ได้แก่ ผลการวิเคราะห์ระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจากการตอบแบบวัด การประเมินการออกแบบผลงาน และการประเมินผลงาน

1.1 ผลการวิเคราะห์ระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจากการตอบแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ แสดงดังตารางที่ 4.1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.1 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และระดับของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจากการตอบแบบวัด (n=19)

องค์ประกอบ	คะแนนเต็ม	ค่าสถิติ			ระดับความสามารถ
		$\bar{X}$	$\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$	S.D.	
ความคิดคล่อง	16	9.00	56.25	2.31	ดี
ความคิดยืดหยุ่น	24	16.21	67.54	2.35	ดี
ความคิดริเริ่ม	24	16.24	67.67	2.08	ดี
รวม	64	41.46	64.66	5.78	ดี

จากตารางที่ 4.1 พบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยรวมเท่ากับ 64.66 จัดว่ามีความสามารถอยู่ในระดับดี เมื่อพิจารณาแยกแต่ละองค์ประกอบ พบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีความสามารถอยู่ในระดับดีทุกองค์ประกอบ

1.2 ผลการวิเคราะห์ระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจากการประเมินการออกแบบผลงาน แสดงดังตารางที่ 4.2

ตารางที่ 4.2 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และระดับของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจากการประเมินการออกแบบผลงาน (n=19)

องค์ประกอบ	คะแนนเต็ม	ค่าสถิติ			ระดับความสามารถ
		$\bar{X}$	$\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$	S.D.	
ความคิดคล่อง	4	2.05	51.25	0.78	ดี
ความคิดยืนหยุ่น	4	2.95	73.75	0.52	ดี
ความคิดริเริ่ม	4	3.26	81.50	0.45	ดีมาก
รวม	12	8.26	68.83	1.28	ดี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากตารางที่ 4.2 พบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยรวมเท่ากับ 68.83 จัดว่ามีความสามารถอยู่ในระดับดี และมีค่าเฉลี่ยร้อยละสูงสุดที่องค์ประกอบความคิดริเริ่มเท่ากับ 81.50 รองลงมา คือ ความคิดยืดหยุ่นเท่ากับ 73.75 และความคิดคล่องเท่ากับ 51.25 ตามลำดับ

เมื่อพิจารณาผลการวิเคราะห์ระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย จากการทดสอบโดยใช้แบบวัดและการออกแบบผลงาน พบว่า นักเรียนมีความคิดริเริ่มอยู่ในระดับดีมากจากการออกแบบผลงาน ในขณะที่ผลจากการทำแบบวัดอยู่ในระดับดี ส่วนความคิดคล่องและความคิดยืดหยุ่น นักเรียนมีความสามารถอยู่ในระดับดีทั้งผลจากแบบวัดและการออกแบบผลงาน

1.3 ผลการวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจากการประเมินผลงาน แสดงดังตารางที่ 4.3

ตารางที่ 4.3 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และระดับของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายจากการประเมินผลงาน (n=19)

ประเด็นการประเมิน	คะแนนเต็ม	ค่าสถิติ			ระดับความสามารถ
		$\bar{X}$	$\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$	S.D.	
1. ลักษณะและรายละเอียดของผลงาน	4	2.58	64.50	0.61	ดี
2. คุณสมบัติของผลงาน	4	3.42	85.50	0.51	ดีมาก
3. การนำเสนอผลงาน	4	3.47	86.75	0.61	ดีมาก
4. ความคิดริเริ่ม	4	3.26	81.50	0.45	ดีมาก
รวม	16	12.74	79.63	1.15	ดีมาก

จากตารางที่ 4.3 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์โดยรวมจากการประเมินผลงานเท่ากับ 79.63 จัดว่ามีความสามารถอยู่ในระดับดีมาก เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยร้อยละของผลงานในแต่ละประเด็น พบว่า ประเด็นคุณสมบัติของผลงาน การนำเสนอผลงาน และความคิดริเริ่มของนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 85.50 86.75 และ 81.50 ตามลำดับ จัดว่ามีความสามารถอยู่ในระดับดีมาก ส่วนประเด็นลักษณะและรายละเอียดของผลงานมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละเท่ากับ 64.50 จัดว่ามีความสามารถอยู่ในระดับดี

ผลการวิเคราะห์ข้อมูลความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ภาพรวมจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ (ตารางที่ 4.1) จากการออกแบบผลงาน (ตารางที่ 4.2) และจากผลงานของนักเรียน (ตารางที่ 4.3) แสดงดังตารางที่ 4.4

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.4 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าทีของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวเทียบกับเกณฑ์ (One sample *t*-test) ของคะแนนรวมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จากแบบวัด แบบประเมินการออกแบบผลงาน และแบบประเมินผลงาน

ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	คะแนนเต็ม	ค่าสถิติ			เกณฑ์ร้อยละระดับดีขึ้นไป	t	*p*
		$\bar{X}$	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	S.D.			
คะแนนรวม	300	213.24	71.08	6.35	>50	14.47	0.00*

*p< .05

จากตารางที่ 4.4 พบว่า หลังเรียนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษานักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนรวมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เท่ากับ 213.24 คะแนน จากคะแนนเต็ม 300 คะแนนที่มาจากการรวมคะแนนของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับหลังเรียน แบบประเมินการออกแบบผลงาน และแบบประเมินผลงาน อย่างละ 100 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 71.08 ซึ่งจัดอยู่ในเกณฑ์ระดับดี จึงกล่าวได้ว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีขึ้นไป เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 และมีความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่มอยู่ในระดับดีขึ้นไป

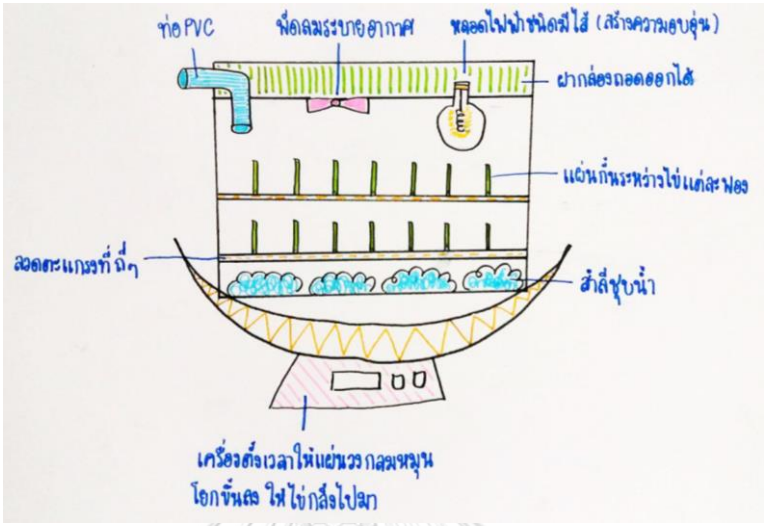
ตารางที่ 4.5 จำนวนและร้อยละของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในแต่ละระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จากการตรวจแบบวัด การออกแบบผลงานและการจัดทำผลงาน (n=19)

ระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์	แบบวัด		การออกแบบผลงาน		ผลงาน	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
ดีมาก	3	15.79	3	15.79	11	57.89
ดี	14	73.68	15	78.94	8	42.11
พอใช้	2	10.53	1	5.26	0	0.00
ปรับปรุง	0	0.00	0	0.00	0	0.00
รวม	19	100.00	19	100.00	19	100.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 4.5 พบว่า นักเรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จากแบบวัดและการออกแบบผลงานอยู่ในระดับดีมีจำนวนมากที่สุด เท่ากับ 14 และ 15 คน คิดเป็นร้อยละ 73.68 และ 78.94 ตามลำดับ และนักเรียนที่ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จากผลงานอยู่ในระดับดีมากมีจำนวนมากที่สุด เท่ากับ 11 คน คิดเป็นร้อยละ 57.89

อย่างไรก็ตามพบว่ามีนักเรียนจำนวน 1 คน ที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระดับดีมาก ทั้งจากแบบวัด การประเมินการออกแบบผลงาน และการประเมินผลงาน ตัวอย่างผลงานเครื่องฟักไข่ของนักเรียนปรากฏดังแผนภาพที่ 4.1



แผนภาพที่ 4.1 ตัวอย่างผลงานของนักเรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระดับดีมากจากแบบวัด การประเมินการออกแบบผลงาน และการประเมินผลงาน (นักเรียนคนที่ 19)

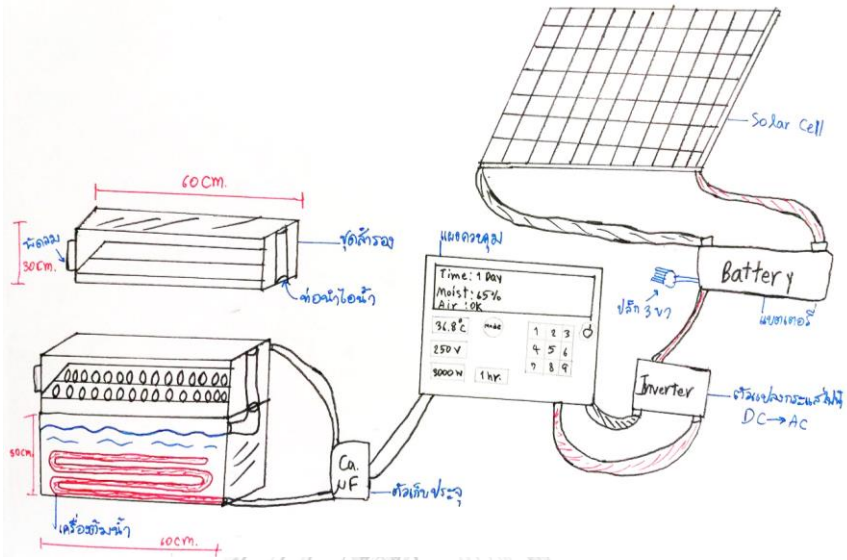
จากแผนภาพที่ 4.1 แสดงให้เห็นว่า

1) นักเรียนจัดทำผลงานเครื่องฟักไข่ได้สอดคล้องกับสถานการณ์ มีการเลือกใช้วัสดุที่คำนึงถึงความปลอดภัยต่อการเจริญเติบโตของไก่ และมีการระบุส่วนประกอบบริเวณต่าง ๆ ของผลงานแต่ขาดรายละเอียดของลักษณะผลงานบางประการ ได้แก่ การระบุขนาดของเครื่องฟักไข่ และการใช้ภาพ 3 มิติเพื่อให้เห็นลักษณะของเครื่องฟักไข่ได้ชัดเจน

2) ผลงานเครื่องฟักไข่มีคุณสมบัติครบถ้วนตามวัตถุประสงค์ในการสร้างทั้ง 4 ประการ ได้แก่ (1) มีอากาศไหลเวียนตลอดเวลา สังเกตได้จากเครื่องฟักไข่มีพัดลมระบายอากาศและมีท่อ PVC เพื่อให้อากาศสามารถถ่ายเทได้ (2) ควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมได้ สังเกตได้จากมีหลอดไส้เพื่อให้ความอบอุ่นแก่ไข่ (3) ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ได้ สังเกตได้จากมีการใช้สำลีชุบน้ำวางด้านล่างของเครื่องฟักไข่ทำให้เกิดความชื้น และ (4) สามารถกลับไข่ได้ สังเกตได้จากมีเครื่องตั้งเวลาที่สั่งให้เครื่องฟักไข่สามารถขยับขึ้นลงส่งผลให้ไข่กลิ้งไปมา

3) ผลงานเครื่องฟักไข่ที่นักเรียนจัดทำมีความแตกต่างจากต้นแบบที่มีอยู่เดิมและไม่ซ้ำกับผลงานใดของเพื่อนร่วมชั้นเรียน สังเกตได้จากไม่มีนักเรียนคนใดที่ออกแบบให้เครื่องฟักไข่มีเครื่องตั้งเวลาเพื่อสั่งให้เครื่องโยกขึ้นลงที่ส่งผลให้ไข่ขยับและกลิ้งได้

นอกจากนี้พบว่ามีนักเรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระดับพอใช้จากการตอบแบบวัด แต่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาตร์จากการประเมินการออกแบบผลงานอยู่ในระดับดี และจากการประเมินผลงานอยู่ในระดับดีมาก จำนวน 1 คน ตัวอย่างผลงานเครื่องฟักไข่ปรากฏดังแผนภาพที่ 4.2



แผนภาพที่ 4.2 ตัวอย่างผลงานของนักเรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระดับดีมากจากการประเมินผลงาน (นักเรียนคนที่ 8)

จากแผนภาพที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่า

1) นักเรียนจัดทำผลงานที่สอดคล้องกับสถานการณ์ มีการระบุส่วนประกอบต่างๆ ของเครื่องฟักไข่พร้อมการระบุขนาด และจัดทำเป็นภาพ 3 มิติเพื่อให้เห็นลักษณะของผลงาน แต่ขาดรายละเอียดของการระบุวัสดุอุปกรณ์ที่เลือกใช้ในแต่ละส่วนของเครื่อง

2) ผลงานเครื่องฟักไข่มีคุณสมบัติตามวัตถุประสงค์ในการสร้าง 3 ใน 4 ประการ ได้แก่ (1) มีอากาศไหลเวียนตลอดเวลา สังเกตได้จากเครื่องฟักไข่มีพัดลมระบายอากาศทำให้อากาศสามารถถ่ายเทได้ (2) ควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมได้ สังเกตได้จากมีแผงควบคุมใช้ควบคุมอุณหภูมิ และมีการคำนึงถึงแหล่งผลิตพลังงานถึง 2 แหล่ง ได้แก่ การใช้โซล่าเซลล์ และไฟฟ้าทั่วไป รวมถึงมีแบตเตอร์รี่สำรอง และ (3) ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ได้ สังเกตได้จากมีแผงควบคุมใช้ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ที่ได้จากการให้ความร้อนของน้ำจากขดลวดด้านล่างของเครื่องทำให้เกิดความชื้น อย่างไรก็ตามผลงานชิ้นนี้ยังขาดรายละเอียดที่แสดงถึงคุณสมบัติการกลับไข่ได้

3) ผลงานเครื่องฟักไข่มีความแตกต่างจากต้นแบบที่มีอยู่เดิม สังเกตได้จากเครื่องฟักไข่มีชุดสำรองที่สามารถต่อเพิ่มจำนวนชั้นได้ตามจำนวนไข่ที่ผู้ผลิตต้องการ และเลือกใช้แหล่งพลังงานไฟฟ้าได้ถึง 2 แหล่ง ได้แก่ จากโซล่าเซลล์ และไฟฟ้าทั่วไป นอกจากนี้ยังมีแบตเตอรี่สำรองไว้

ในยามฉุกเฉินอีกด้วย อย่างไรก็ตามผลงานชิ้นงานยังซ้ำกับผลงานของเพื่อนร่วมชั้นบางคนเนื่องจากออกแบบให้ใช้แหล่งพลังงานจากแสงอาทิตย์เหมือนกัน

จากแผนภาพที่ 4.2 แสดงให้เห็นว่า แม้ว่านักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับพอใช้จากการทำแบบวัด แต่เมื่อประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการโดยประเมินจากผลงาน พบว่า นักเรียนที่มีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีมาก

2. การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษา

การเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิเคราะห์ข้อมูลปรากฏดังตาราง 4.6 4.7 และ 4.8

ตารางที่ 4.6 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และระดับของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย

ค่าสถิติ / คะแนน	$\bar{X}$	$\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$	S.D.	ระดับความสามารถ	t	*p*
ก่อนเรียน	41.13	64.27	3.15	ดี	0.23	0.83
หลังเรียน	41.46	64.78	5.78	ดี		

*$p < .05$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

จากตารางที่ 4.6 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนเท่ากับ 41.31 คะแนน จากคะแนนเต็ม 64 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 64.27 จัดเป็นความสามารถอยู่ในระดับดี และนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนเท่ากับ 41.46 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 64.78 จัดเป็นความสามารถอยู่ในระดับดีเช่นกัน เมื่อตรวจสอบคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยสถิติทดสอบทีแบบไม่อิสระ (Dependent *t*-test) พบว่า นักเรียนมีคะแนนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนไม่แตกต่างกัน จึงกล่าวได้ว่า ผลการศึกษาไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

ตารางที่ 4.7 ความแตกต่างของจำนวนและร้อยละของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในแต่ละระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน (n=19)

ระดับความคิดสร้างสรรค์ทาง	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
วิทยาศาสตร์	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ดีมาก	0	0.00	3	15.79
ดี	19	100.00	14	73.68
พอใช้	0	0.00	2	10.53
ควรปรับปรุง	0	0.00	0	0.00
รวม	19	100	19	100

จากตารางที่ 4.7 พบว่า หลังจากเรียนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษามีนักเรียนที่มีระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนจากระดับดีเป็นดีมาก จำนวน 3 คน มีระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์คงเดิมคือระดับดี 14 คน และมีระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ลดลงจากเดิมเป็นระดับพอใช้ 2 คน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.8 จำนวนและร้อยละของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายแต่ละระดับความสามารถในองค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียน (n=19)

ระดับความสามารถ	องค์ประกอบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์											
	ความคิดคล่อง				ความคิดยืดหยุ่น				ความคิดริเริ่ม			
	ก่อนเรียน		หลังเรียน		ก่อนเรียน		หลังเรียน		ก่อนเรียน		หลังเรียน	
	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ	จำนวน	ร้อยละ
ดีมาก	0	0.00	2	10.53	0	0.00	3	15.79	0	0.00	3	15.79
ดี	11	57.89	7	36.84	18	94.74	13	68.42	18	94.74	16	84.21
พอใช้	8	42.11	10	52.63	1	5.26	3	15.79	1	5.26	0	0.00
ควรปรับปรุง	0	0.00	0.00	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00	0	0.00
รวม	19	100.00	19	100.00	19	100.00	19	100.00	19	100.00	19	100.00

จากตารางที่ 4.8 พบว่า หลังเรียนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษา จำนวนนักเรียนที่มีความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่มในระดับดีมากเพิ่มสูงขึ้นจากก่อนเรียน ในขณะที่จำนวนนักเรียนที่มีความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่มในระดับดีลดลงจากก่อนเรียน และมีจำนวนนักเรียนที่มีความคิดคล่องและความคิดยืดหยุ่นระดับพอใช้เพิ่มสูงขึ้นกว่าก่อนเรียน มีรายละเอียดในแต่ละองค์ประกอบดังนี้

1) <u>ความคิดคล่อง</u> ก่อนเรียนนักเรียนมีความคิดคล่องระดับดีมีจำนวนมากที่สุด เท่ากับ 11 คน รองลงมาคือ ระดับพอใช้ เท่ากับ 8 คน ไม่มีนักเรียนที่มีความคิดคล่องอยู่ในระดับดีมาก หลังเรียนพบว่า นักเรียนมีความคิดคล่องระดับดีมากเพิ่มขึ้นเป็น 2 คน ระดับดีลดลงเป็น 7 คน และระดับพอใช้เพิ่มขึ้นเป็น 10 คน ซึ่งนักเรียนที่มีความคิดคล่องระดับดีมาก 2 คนเป็นนักเรียนที่ก่อนเรียนมีความคิดคล่องในระดับดี

2) <u>ความคิดยืดหยุ่น</u> ก่อนเรียนนักเรียนมีความคิดยืดหยุ่นระดับดีมีจำนวนมากที่สุด เท่ากับ 18 คน รองลงมาคือ ระดับพอใช้ เท่ากับ 1 คน ไม่มีนักเรียนที่มีความคิดยืดหยุ่นอยู่ในระดับดีมาก หลังเรียนพบว่า นักเรียนมีความคิดยืดหยุ่นระดับดีมากเพิ่มขึ้นเป็น 3 คน ระดับดีลดลงเป็น 13 คน และระดับพอใช้เพิ่มขึ้นเป็น 3 คน ซึ่งนักเรียนที่มีความคิดยืดหยุ่นระดับดีมาก 3 คนเป็นนักเรียนที่ก่อนเรียนมีความคิดยืดหยุ่นในระดับดี

3) <u>ความคิดริเริ่ม</u> ก่อนเรียนนักเรียนมีความคิดริเริ่มระดับดีมีจำนวนมากที่สุด เท่ากับ 18 คน รองลงมาคือ ระดับพอใช้ เท่ากับ 1 คน ไม่มีนักเรียนที่มีความคิดริเริ่มอยู่ในระดับดีมาก หลังเรียนพบว่า นักเรียนมีความคิดริเริ่มระดับดีมากเพิ่มขึ้นเป็น 3 คน ระดับดีลดลงเป็น 16 คน และไม่มีนักเรียนระดับพอใช้ ซึ่งนักเรียนที่มีความคิดริเริ่มระดับดีมาก 3 คนเป็นนักเรียนที่ก่อนเรียนมีความคิดริเริ่มในระดับดี

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียน

การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายแบ่งเป็น 2 ประเด็น ได้แก่ (1) ผลการศึกษาระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา และ (2) ผลการศึกษาจำนวนและร้อยละของนักเรียนในแต่ละระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ผลการวิเคราะห์ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย แสดงดังตารางที่ 4.9 4.10 และ 4.11

ตารางที่ 4.9 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และค่าทีของกลุ่มตัวอย่างกลุ่มเดียวเทียบกับเกณฑ์ (One sample *t*-test) จากคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย (n=19)

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา	คะแนนเต็ม	ค่าสถิติ			เกณฑ์ร้อยละระดับดีขึ้นไป	t	*p*
		$\bar{X}$	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	S.D.			
คะแนนรวม	40	24.58	61.45	3.73	>70	-3.99	0.00*

*p< .05

จากตารางที่ 4.9 พบว่า หลังเรียนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษานักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาเท่ากับ 24.58 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 61.45 ซึ่งต่ำกว่าเกณฑ์ระดับดีหรือร้อยละ 70 จึงกล่าวได้ว่าผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3

ตารางที่ 4.10 ค่าเฉลี่ย ($\bar{X}$) ค่าเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{ร้อยละ}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาในแต่ละพฤติกรรมที่ต้องการวัดของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายหลังเรียน (n=19)

พฤติกรรมที่ต้องการวัด	คะแนนเต็ม	ค่าสถิติ			ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา
		$\bar{X}$	$\bar{X}_{ร้อยละ}$	S.D.	
ความรู้ความจำ	8	5.42	67.75	1.02	ค่อนข้างดี
ความเข้าใจ	12	6.74	56.17	1.94	พอใช้
กระบวนการทางวิทยาศาสตร์	8	4.37	54.63	1.16	ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ
การนำความรู้ไปใช้	12	8.05	67.08	1.22	ค่อนข้างดี
คะแนนรวม	40	24.58	61.45	3.73	ปานกลาง

จากตารางที่ 4.10 พบว่า นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนอยู่ในระดับปานกลาง พฤติกรรมที่นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยจัดอยู่ในระดับค่อนข้างดี คือ ความรู้ความจำและการนำความรู้ไปใช้ พฤติกรรมที่อยู่ในระดับพอใช้ คือ ความเข้าใจ และพฤติกรรมที่นักเรียนอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ คือ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4.11 จำนวนและร้อยละของนักเรียนกลุ่มเป้าหมายในแต่ละระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา (n=19)

ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	ช่วงคะแนนร้อยละ	จำนวนนักเรียน	ร้อยละ
ดีเยี่ยม	80-100	2	10.53
ดีมาก	75-79	0	0.00
ดี	70-74	1	5.26
ค่อนข้างดี	65-69	2	10.53
ปานกลาง	60-64	4	21.05
พอใช้	55-59	10	52.63
ผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ	50-54	0	0.00
ต่ำกว่าเกณฑ์	0-49	0	0.00
รวม		19	100

จากตารางที่ 4.11 พบว่า นักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาระดับพอใช้มีจำนวนมากที่สุด คือ 10 คน คิดเป็นร้อยละ 52.63 รองลงมา คือ ระดับปานกลาง จำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 21.05 ระดับดีเยี่ยมและระดับค่อนข้างดีมีจำนวนเท่ากัน คือ 2 คน คิดเป็นร้อยละ 10.53 และระดับดี จำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 5.26 ไม่มีนักเรียนที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาในระดับดีมาก ระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ และระดับต่ำกว่าเกณฑ์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5
สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น มีรูปแบบการวิจัยแบบกลุ่มเดียวทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน มุ่งศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษา มีวัตถุประสงค์การวิจัย 3 ข้อ ได้แก่ (1) เพื่อศึกษาระดับความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษา (2) เพื่อเปรียบเทียบความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระหว่างก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษา และ (3) เพื่อศึกษาระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนหลังการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษา กลุ่มเป้าหมายคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 19 คน ที่ศึกษาในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 กรุงเทพมหานคร ใช้เวลาในการจัดการเรียนการสอนทั้งหมด 24 คาบ เป็นระยะเวลา 8 สัปดาห์ มีการเก็บรวบรวมข้อมูลความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ด้วยเครื่องมือ 4 ชุด แบ่งเป็น เครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลก่อนเรียน คือ (1) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับก่อนเรียน และเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลหลังเรียน ได้แก่ (2) แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับหลังเรียน และใช้การประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการ ประกอบด้วย (3) แบบประเมินการออกแบบผลงาน และ (4) แบบประเมินผลงาน ส่วนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาเก็บรวบรวมข้อมูลหลังเรียนเท่านั้นโดยใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา การวิเคราะห์ข้อมูลความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และสถิติทดสอบทีแบบไม่อิสระ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนอยู่ในระดับดีขึ้นไป นักเรียนมีความสามารถระดับดีขึ้นไปในทุกองค์ประกอบของความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่น และความคิดริเริ่ม

2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษามีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนไม่แตกต่างกัน

3. นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนอยู่ในระดับปานกลาง มีพฤติกรรมด้านความรู้ความจำและด้านการนำความรู้ไปใช้อยู่ในระดับค่อนข้างดี ด้านความเข้าใจในระดับพอใช้ และด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ

อภิปรายผล

การอภิปรายผลการวิจัยแบ่งการนำเสนอเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ตอนที่ 2 การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

ตอนที่ 1 การศึกษาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนอยู่ในระดับดีขึ้นไป และนักเรียนมีความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่มอยู่ในระดับดีขึ้นไป เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 นอกจากนี้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2

การที่นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนอยู่ในระดับดีขึ้นไป เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 นั้น สามารถอภิปรายได้ด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้

ประการที่ 1 นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับดีตั้งแต่ก่อนได้รับการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษาสังเกตได้จากคะแนนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับก่อนเรียน เนื่องจากโรงเรียนของกลุ่มเป้าหมายเป็นศูนย์สะเต็มศึกษาระดับภาคและสนับสนุนให้นักเรียนร่วมกิจกรรมชุมนุมสะเต็มศึกษาตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น รวมถึงได้ร่วมกิจกรรมจัดทำโครงงานวิทยาศาสตร์อย่างอิสระตลอดภาคเรียนที่ 1 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 นักเรียนสามารถเลือกประเภทของโครงงาน ได้แก่ โครงงานทดลองวิทยาศาสตร์ โครงงานสะเต็มศึกษา และโครงงานสวนพฤกษศาสตร์โรงเรียน ได้คิดหัวข้อ คิดวิธีการจัดทำโครงงานตามความสนใจและเผชิญปัญหาด้วยตนเอง ทำให้นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกฝนการคิดอย่างต่อเนื่องมาก่อน ส่งผลให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนอยู่ในระดับดีขึ้นไป ซึ่งสอดคล้องกับ Kanematsu & Barry (2016) ที่ระบุว่า สะเต็มศึกษาเป็นแนวคิดของการจัดการเรียนการสอนแบบหนึ่งที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ฝึกการคิดหาแนวทางการแก้ปัญหาที่เป็นไปได้จากการระดมความคิดกับสมาชิกในกลุ่มก่อให้เกิดการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงสร้างสรรค์ เนื่องจากการกำหนดปัญหาหรือสถานการณ์ในแต่ละกิจกรรมกระตุ้นให้นักเรียนเกิดกระบวนการคิดหาแนวทางแก้ปัญหาที่หลากหลายและแปลกใหม่เพื่อให้บรรลุเป้าหมายได้ผ่านการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ภัสสร ติดมา (2558) ได้ศึกษาการพัฒนาความคิดสร้างสรรค์เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษาของ

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยมีสถานการณ์ปัญหาให้นักเรียนออกแบบและสร้างแบบจำลองอวัยวะ พบว่า นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์เพิ่มสูงขึ้นเมื่อจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา เนื่องจากนักเรียนได้มีโอกาสทำงานเป็นกลุ่มและร่วมกันระดมความคิด สร้างมุมมองแปลกใหม่เพื่อแก้ปัญหาสถานการณ์ ได้ออกแบบและพัฒนาชิ้นงานให้มีความหลากหลาย

ประการที่ 2 นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกการคิดและออกแบบสร้างสรรค์ผลงานผ่านการวิเคราะห์สถานการณ์และการนำความรู้ที่ได้จากการสืบสอบมาใช้เพื่อแก้ปัญหาให้สอดคล้องกับสถานการณ์ นักเรียนมีโอกาสร่วมกันฝึกคิดกับสมาชิกภายในกลุ่มในขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ โดยช่วยกันคิดคำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์ให้ได้จำนวนคำตอบมากที่สุดภายในกำหนดเวลา เช่น หาสาเหตุของปัญหา คาดคะเนผลกระทบของปัญหา หรือ ระบุความรู้ที่นักเรียนจำเป็นต้องใช้เพื่อแก้ปัญหา เป็นต้น นอกจากนี้นักเรียนได้ฝึกคิดผ่านการนำความรู้ชีววิทยาที่ศึกษาค้นคว้ามาออกแบบผลงานให้มีหลากหลายแนวทางมากที่สุดในขั้นประยุกต์เพื่อใช้เป็นทางเลือกของการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่นักเรียนได้รับ และในขั้นนี้นักเรียนยังได้ฝึกคิดผ่านการใช้ศิลปะในการออกแบบ สร้างและปรับปรุงผลงานเกี่ยวกับเทคโนโลยีให้มีความใหม่แตกต่างจากต้นแบบที่พบเห็นทั่วไปโดยต้องสอดคล้องกับสถานการณ์อีกด้วย ส่งผลให้นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนอยู่ในระดับดีขึ้นไป ซึ่งสอดคล้องกับ Kim & Kim (2016) ที่ระบุว่า สะตีมศึกษาสามารถสนับสนุนการคิดผ่านการเชื่อมโยงความรู้ในบทเรียนให้เข้ากับชีวิตจริงของนักเรียนโดยฝึกให้นักเรียนแก้ไขปัญหาหลาย ๆ สถานการณ์ในทางสร้างสรรค์และบูรณาการกับความรู้หลายด้าน สอดคล้องกับ Land (2013) ที่กล่าวว่า การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เกิดจากการผสมผสานกันของเทคโนโลยีและความคิดสร้างสรรค์ผ่านศิลปะและการออกแบบ ดังนั้นการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ผ่านศิลปะและการออกแบบจึงสามารถสนับสนุนความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ได้ และสอดคล้องกับงานวิจัยของ จารีพร ผลมูล และคณะ (2558) ที่ได้พัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบสะตีมศึกษาที่ใช้แหล่งเรียนรู้ชุมชนวังตะกอ จังหวัดชุมพร สำหรับวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 3 หน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ ระบบนิเวศ ทรัพยากรธรรมชาติ และเรียนรู้เทคโนโลยี พบว่า การใช้หน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบสะตีมศึกษาในวิชาวิทยาศาสตร์เปิดโอกาสให้นักเรียนมีอิสระในการสร้างสรรค์ผลงาน โดยนำความรู้วิทยาศาสตร์มาปรับปรุงหรือประดิษฐ์เครื่องใช้สอย ทำให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างศิลปะและวิทยาศาสตร์ได้

การที่นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนไม่แตกต่างกัน ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 เนื่องมาจากเหตุผลดังต่อไปนี้

ประการที่ 1 การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์จากระดับดีให้เพิ่มขึ้นเป็นระดับดีมากอาจจำเป็นต้องใช้ระยะเวลาในการฝึกฝนการคิดที่ยาวนานมากกว่า 8 สัปดาห์ กล่าวคือ แม้นักเรียนกลุ่มเป้าหมายเป็นนักเรียนห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการคัดเลือกมาแล้วว่าเป็นนักเรียนที่มีสติปัญญาดี มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ระดับดี และมีความสนใจทางวิทยาศาสตร์สูง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556) แต่ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถทางการคิดที่ต้องใช้ความรู้ทางวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างสิ่งใหม่และเป็นประโยชน์ นักเรียนจึงต้องใช้เวลาเรียนรู้ อาศัยประสบการณ์และฝึกฝนอย่างต่อเนื่อง ดังนั้นการเพิ่มระดับความสามารถอาจไม่สามารถเกิดขึ้นได้ในระยะเวลาอันสั้น ส่งผลให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับคำอธิบายของ Yang et al. (2016) ที่กล่าวว่า ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เป็นความสามารถที่นักเรียนต้องใช้เวลาสะสมความรู้และประสบการณ์ หากนักเรียนได้รับการชี้แนะหรือฝึกฝนอย่างต่อเนื่องจะทำให้นักเรียนมีความคิดที่มีประสิทธิภาพ มีหลักเกณฑ์และคิดในสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อผู้อื่นได้ และจากผลการวิจัยระบุว่า การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้มีความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญได้ต้องใช้เวลาประมาณ 1 ปี

ประการที่ 2 การพัฒนาให้นักเรียนมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์นั้นใช้หลักของทฤษฎีความรู้สร้างสรรค์ (Constructionism) ซึ่งให้นักเรียนได้มีโอกาสทำงานร่วมกันกับเพื่อนที่มีความสามารถหลากหลายได้ จากการวิจัยครั้งนี้ได้จัดให้นักเรียนทำงานกลุ่มเดิมตลอด 4 หน่วยการเรียนรู้ และสมาชิกในกลุ่มไม่ได้ผลัดเปลี่ยนหน้าที่ในการทำงาน ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่ทำงานในลักษณะเดิม และนักเรียนบางส่วนอาจไม่ได้ฝึกฝนการคิดและการทำงานที่จำเป็นต่อการคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นส่งผลให้นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนไม่แตกต่างกัน ซึ่งขัดแย้งกับหลักทฤษฎีความรู้สร้างสรรค์ที่สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ (2544) ระบุว่า การจัดการเรียนการสอนที่ยึดหลักทฤษฎีความรู้สร้างสรรค์นอกจากต้องมีวิธีการเรียนรู้และมีเทคโนโลยีหรือสื่อการเรียนรู้ที่หลากหลายเพื่อให้นักเรียนมีทางเลือกและปรับใช้ให้เหมาะสมกับตนเองแล้ว การให้นักเรียนได้ร่วมทำงานและเรียนรู้กับกลุ่มคนที่หลากหลายก็เป็นสิ่งสำคัญเช่นกัน ขณะจัดกิจกรรมการเรียนการสอนควรให้นักเรียนได้เกิดการปรับความคิดและวิธีการทำงานเป็นระยะ ๆ ทำให้นักเรียนได้ปรับวิธีคิดและประเมินความเข้าใจของตนเอง

ประการที่ 3 นักเรียนมีสภาวะเครียดและความวิตกกังวลกับภาระงานและการสอบเก็บคะแนนของรายวิชาอื่น ๆ ขณะทำแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับหลังเรียน เนื่องจากช่วงเวลาที่ทำแบบวัดเป็นช่วงใกล้การสอบปลายภาคเรียนมาก ประกอบกับห้องเรียนของ

กลุ่มเป้าหมายเป็นห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ที่มีจำนวนรายวิชามากที่สุดเมื่อเทียบกับห้องเรียนอื่น ๆ ในระดับชั้นเดียวกัน นักเรียนจึงมีจำนวนรายวิชาที่ต้องสอบเก็บคะแนนและมีภาระงานที่ได้รับมอบหมายค่อนข้างมาก สังเกตได้จากข้อความที่นักเรียนพูดกับครูว่า *"หนูไม่ทำได้ไหม" "หนูไม่ไหวแล้วค่ะ" "คาบต่อไปมีสอบเก็บคะแนนครับ ผมยังไม่ได้อ่านเลย"* หรือ *"งานวิชาอื่นสั่งเยอะมากเลยครับครู"* เป็นต้น จากข้อความข้างต้นสังเกตได้ว่านักเรียนมีความเครียดและความวิตกกังวล เนื่องจากให้ความสำคัญกับคะแนนของภาระงานที่ได้รับมอบหมายและการสอบเก็บคะแนนที่จะนำไปสู่ผลการเรียนเพื่อมุ่งสู่การเข้ามหาวิทยาลัย จากสภาพแวดล้อมที่นักเรียนประสบอยู่จึงเป็นปัจจัยสำคัญอย่างหนึ่งที่ส่งผลให้นักเรียนกลุ่มเป้าหมายมีความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนและหลังเรียนไม่แตกต่างกัน ซึ่งสอดคล้องกับ Hu & Adey (2002) ที่กล่าวว่า นอกจากปัจจัยทางด้านสติปัญญาที่มีผลต่อความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์แล้วยังมีปัจจัยอื่น ๆ ที่มีอิทธิพลโดยตรง ได้แก่ สภาพแวดล้อม แรงจูงใจ ลักษณะเฉพาะตัวหรือบุคลิกภาพ และความรู้วิทยาศาสตร์ที่นักเรียนมี นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ Byron & Khazanchi (2010) ที่ได้ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างความเครียดและความคิดสร้างสรรค์ จากกลุ่มตัวอย่างจำนวน 82 คน ในประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า ความวิตกกังวลเป็นหนึ่งปัจจัยที่มีผลต่อความเครียด หากบุคคลมีความวิตกกังวลมากจะส่งผลให้มีการแสดงออกของความคิดสร้างสรรค์ลดลงตามไปด้วย แต่หากมีความวิตกกังวลน้อยจะส่งผลให้มีการแสดงออกของความคิดสร้างสรรค์เพิ่มมากขึ้น

ตอนที่ 2 การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

ผลการวิจัยสรุปว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งไม่เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 คือ นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนอยู่ในระดับดีขึ้นไป ผลการวิจัยดังกล่าวสามารถอภิปรายได้ด้วยเหตุผลดังต่อไปนี้

ประการที่ 1 สถานการณ์ที่ใช้เพื่อกระตุ้นความสนใจในการสืบสอบความรู้ของนักเรียนอาจจำเป็นต้องใช้สถานการณ์ปัญหาที่นักเรียนพบเห็นได้จริงในชีวิตประจำวันหรือในแหล่งชุมชนที่ใกล้ตัวนักเรียนมากกว่าสถานการณ์ที่ให้นักเรียนสวมบทบาทเป็นอาชีพต่างๆ สถานการณ์ที่ใช้ในขั้นระบุสถานการณ์เป็นสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับเนื้อหาบทเรียน นำมาใช้กระตุ้นความสนใจของนักเรียนให้สืบสอบหาความรู้เพื่อแก้ปัญหามีจำนวน 4 สถานการณ์ ได้แก่ (1) การเป็นวิศวกรทางการแพทย์เพื่อสร้างอุปกรณ์การส่องตรวจลำไส้ใหญ่จากหน่วยการเรียนรู้เรื่องระบบย่อยอาหาร (2) การเป็นทายาทเจ้าของร้านเบเกอรี่เพื่อคิดค้นสูตรขนมปังสำหรับผู้แพ้แป้งสาลีจากหน่วยการเรียนรู้เรื่องการสลายสารอาหารระดับเซลล์ (3) การเป็นเยาวชนผู้เข้าประกวดเพื่อแข่งขันออกแบบและสร้างห่วงอนามัยจากหน่วยการเรียนรู้เรื่องการสืบพันธุ์ และ (4) การเป็นวิศวรการเกษตรเพื่อออกแบบเครื่องฟักไข่ช่วยเหลือเกษตรกร จากการวิเคราะห์สถานการณ์ปัญหาที่กล่าวข้างต้น

พบว่า เป็นสถานการณ์สมมติที่ให้นักเรียนได้สืบสอบความรู้เพื่อแก้ไขปัญหา ออกแบบและสร้างผลงานในฐานะของผู้ประกอบอาชีพต่าง ๆ และสังเกตเห็นได้ว่าสถานการณ์ปัญหาที่นำมาใช้กับกลุ่มเป้าหมายเป็นสถานการณ์ที่อาจยังไม่ใกล้เคียงกับชีวิตประจำวันของนักเรียนมากเพียงพอจึงอาจทำให้นักเรียนยังไม่เห็นความสำคัญของปัญหาที่จะนำมาสู่การสืบสอบความรู้ชีววิทยาเพื่อแก้ไขปัญหาที่แท้จริง ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งขัดแย้งกับผลการวิจัยของ จารีพร ผลมูล และคณะ (2558) ที่ใช้กรณีศึกษาของปัญหาทรัพยากรธรรมชาติและระบบนิเวศที่เกิดขึ้นจริงในชุมชนวังตะกอ จังหวัดชุมพร เป็นสถานการณ์ในการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะตีมศึกษาชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสนใจเนื่องจากเป็นชุมชมที่นักเรียนอาศัยอยู่จริง เมื่อนักเรียนได้สัมผัสกับสภาพปัญหาที่เกิดขึ้นจริงและใกล้ตัว ทำให้นักเรียนเกิดความวิตกและห่วงใยต่อชุมชนที่ตนเองอาศัย นำมาสู่ความใฝ่รู้ใฝ่เรียนและความต้องการในการสืบสอบหาข้อความรู้ต่าง ๆ เพื่อนำมาแก้ไขปัญหาในชุมชนของตนเอง ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และขัดแย้งกับผลการวิจัยของ Sockalingam et al. (2011) ที่ศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างลักษณะของสถานการณ์ปัญหาที่แตกต่างกันและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนที่เรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน พบว่า ลักษณะของสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้ตัวนักเรียนและนักเรียนมีความคุ้นเคยมีความสัมพันธ์และมีผลในทางบวกต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนโดยตรง

ประการที่ 2 การมีโอกาสได้สำรวจข้อมูล สืบค้นความรู้จากการลงพื้นที่จริงในสถานที่ที่เป็นปัญหา และได้สอบถามข้อมูลหรือข้อสงสัยจากผู้เชี่ยวชาญในอาชีพที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์หรือบุคคลผู้ประสบปัญหาโดยตรงอาจทำให้นักเรียนเกิดประสิทธิภาพในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มากกว่าการสืบสอบความรู้เฉพาะในห้องปฏิบัติการทดลองหรือในห้องเรียน จากการวิเคราะห์กิจกรรมการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่ใช้ในขั้นศึกษาค้นคว้า พบว่า มีกิจกรรมที่สนับสนุนให้นักเรียนได้ฝึกฝนการสืบสอบหาความรู้ชีววิทยากับสมาชิกภายในกลุ่มด้วยวิธีการต่าง ๆ เช่น การปฏิบัติการทดลอง การจัดกระทำข้อมูล การศึกษาจากศูนย์การเรียนรู้ การเรียนโดยใช้เทคนิคจิ๊กซอว์ และการทำแผนผังความคิด เป็นต้น จากนั้นนักเรียนนำความรู้ชีววิทยาที่ได้ไปใช้ในขั้นประยุกต์เพื่อออกแบบและสร้างผลงานที่เป็นประโยชน์และสอดคล้องต่อสถานการณ์ตามที่ได้รับมอบหมาย อย่างไรก็ตามกิจกรรมในการสืบสอบหาความรู้ทั้งหมดได้ถูกจัดอยู่ในห้องเรียนและห้องปฏิบัติการทดลองเท่านั้นโดยไม่ได้มีกิจกรรมลงสำรวจพื้นที่หรือเก็บข้อมูลนอกห้องเรียน และนักเรียนไม่มีโอกาสได้สอบถามข้อมูลจากผู้เชี่ยญชาญในอาชีพที่นักเรียนได้สวมบทบาทจากสถานการณ์หรือบุคคลผู้ประสบปัญหาจริง ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาอยู่ในระดับปานกลาง ซึ่งขัดแย้งกับงานวิจัยของ จารีพร ผลมูลและคณะ (2558) ที่จัดกิจกรรมเปิดโอกาสให้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นักเรียนได้ลงพื้นที่จริงนอกโรงเรียนในชุมชนวังตะกอ จังหวัดชุมพร เพื่อสำรวจและเก็บข้อมูลเกี่ยวกับระบบนิเวศและทรัพยากรธรรมชาติ นำข้อมูลมาวิเคราะห์สภาพปัญหาและหาแนวทางแก้ไขปัญหาในชุมชนจริง นอกจากนี้ยังเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สอบถามข้อมูลจริงจากปราชญ์ชาวบ้านที่อาศัยอยู่ในพื้นที่ที่ประสบปัญหา ดังนั้นนักเรียนจึงได้รับข้อมูลและคำปรึกษาจากทั้งครูและปราชญ์ชาวบ้านในชุมชน เกิดความเข้าใจเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่เป็นรูปธรรมจากประสบการณ์ที่นักเรียนได้ประสบจากสถานที่จริง และส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และขัดแย้งกับงานวิจัยของ Chiang et al. (2014) ที่ศึกษาผลของการเรียนรู้ที่ใช้กิจกรรมสืบสอบจากสภาพจริงเป็นฐานร่วมกับโปรแกรมเสริมในโทรศัพท์มือถือที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ในประเทศไต้หวัน เรื่อง แหล่งน้ำ ความแตกต่างของพืชน้ำ ความแตกต่างของสัตว์น้ำ และความลับของพืชน้ำ นักเรียนกลุ่มทดลองได้ลงมือสำรวจข้อมูลลักษณะของแหล่งน้ำ พืชน้ำ และสัตว์น้ำจากสถานที่จริงโดยใช้โปรแกรมในโทรศัพท์มือถือเป็นเครื่องมือในการถ่ายภาพและบันทึกข้อมูลก่อนนำข้อมูลมานำเสนอ ส่วนกลุ่มควบคุมให้ใช้เพียงโทรศัพท์มือถือธรรมดาในการสำรวจข้อมูลที่สถานที่จริง ผลปรากฏว่า กลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์สูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 อย่างไรก็ตามกลุ่มควบคุมถึงแม้จะมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนต่ำกว่ากลุ่มทดลอง แต่นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยสูงถึงร้อยละ 73.93 ซึ่งจัดอยู่ในระดับดี เนื่องจากนักเรียนได้สำรวจ เก็บรวบรวมและวิเคราะห์ข้อมูลจากสถานที่จริงด้วยตนเองจึงเกิดความเข้าใจ

เมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาในแต่ละด้านพฤติกรรม พบว่า ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละน้อยที่สุดเมื่อเทียบกับพฤติกรรมด้านอื่นและจัดอยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ จากผลการวิจัยดังกล่าวสามารถอภิปรายได้ว่า การเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ออกแบบการทดลองเอง นำข้อมูลที่ได้จากการทดลองหรือการสังเกตมาจัดกระทำข้อมูลเป็นรูปแบบต่าง ๆ ด้วยตนเองในบทเรียนอาจทำให้นักเรียนได้รับการส่งเสริมกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเต็มประสิทธ์ภาพยิ่งขึ้น จากการวิเคราะห์กิจกรรมการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่ใช้ในขั้นศึกษาค้นคว้า พบว่า นักเรียนได้ร่วมกิจกรรมปฏิบัติการทดลองทั้งหมด 2 หน่วยการเรียนรู้ ได้แก่ (1) หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ระบบย่อยอาหาร นักเรียนได้ศึกษาความแตกต่างของระบบย่อยอาหารของสัตว์กินพืชและสัตว์กินเนื้อ จากการผ่าเพื่อสังเกตระบบย่อยอาหารของปลาดุกและปลานิล และ (2) หน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การสลายอาหารระดับเซลล์ นักเรียนได้ศึกษาการหมักของยีสต์โดยการหมักน้ำสัปปะรดเข้ากับยีสต์และน้ำเชื่อม จากนั้นสังเกตปฏิกิริยาในหลอดทดลองที่มีการหมักพร้อมทั้งสังเกตสีในหลอดทดลองที่บรรจุสารละลายบรอมไทมอลบูล อย่างไรก็ตามกิจกรรมปฏิบัติการทดลองทั้งหมดมีขั้นตอนการทดลองที่เป็นแบบแผนและมีวัตถุดิบ เช่น ตัวอย่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สัตว์ หรือ ผลไม้ที่ใช้ในการทดลองกำจัด จึงไม่เอื้อให้นักเรียนออกแบบการทดลองด้วยตนเอง นอกจากนี้นักเรียนไม่มีโอกาสออกแบบตารางหรือกราฟเพื่อจัดกระทำข้อมูลที่ได้ด้วยตนเองเนื่องจากมีตารางบันทึกให้นักเรียนได้เติมข้อมูลในแบบบันทึกกิจกรรมแล้ว ส่งผลให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับผ่านเกณฑ์ขั้นต่ำ ซึ่งขัดแย้งกับผลการวิจัยของ ชยากร สาลีผลิน (2547) ที่ระบุว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้เรียนตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองสูงกว่านักเรียนที่ได้รับการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 เนื่องจากนักเรียนได้มีโอกาสออกแบบการทดลอง นำข้อมูลที่ได้มาจัดกระทำเป็นรูปแบบต่าง ๆ ได้ฝึกการตีความจากกราฟหรือจากผลข้อมูลในตารางที่สร้างขึ้นและลงข้อสรุปร่วมกัน นอกจากนี้ผลการวิจัยของ แสงเดือน อันทรง (2546) ระบุว่า ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมีความสัมพันธ์ในทางบวกกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ กล่าวคือ หากนักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สูงคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ก็สูงตามไปด้วย แต่หากนักเรียนมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ต่ำคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ก็ต่ำตามไปด้วยเช่นกัน

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การนำแนวคิดสะตีมศึกษาไปใช้ในการเรียนการสอนชีววิทยาเพื่อส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ควรเลือกใช้กับเนื้อหาที่เอื้อให้นักเรียนนำความรู้จากการสืบสอบไปใช้ออกแบบและสร้างผลงานที่เป็นประโยชน์และสอดคล้องกับสถานการณ์ปัญหาที่มีแนวทางแก้ไขแบบปลายเปิดได้ เช่น ระบบนิเวศ ทรัพยากรธรรมชาติ วิธีการรักษาโรคในทางเดินอาหาร และเทคโนโลยีที่ใช้ในการเกษตร เป็นต้น อย่างไรก็ตามในเนื้อหาบทเรียนที่เกี่ยวกับระบบร่างกายนักเรียนอาจไม่สามารถทดสอบประสิทธิภาพของผลงานกับสิ่งมีชีวิตได้โดยตรง ดังนั้นอาจปรับเป็นการสร้างแบบจำลองให้สมจริง เพื่อให้นักเรียนได้แสดงแนวความคิดและทดสอบคุณสมบัติของผลงานเมื่อตรวจสอบหรือทดสอบแล้วจึงนำมาปรับปรุงผลงานต่อไป

1.2 สถานการณ์ที่เลือกใช้ในการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษาขั้นระบุสถานการณ์เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียนในการสืบสอบความรู้ควรเป็นสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้ตัวนักเรียนให้ได้มากที่สุด เช่น ปัญหาในโรงเรียนหรือชุนชมที่นักเรียนอยู่อาศัยและมีความคุ้นเคย หรือ ปัญหาเกี่ยวกับอาหารที่นักเรียนรับประทานเป็นประจำ เป็นต้น เพื่อให้นักเรียนเห็นความสำคัญของปัญหา เกิดความกระตือรือร้นในการหาความรู้ชีววิทยา และมุ่งคิดหาแนวทางแก้ปัญหาสำหรับตนเองและคนรอบข้างนำไปสู่การออกแบบและสร้างผลงานที่เป็นประโยชน์ต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1.3 การนำแนวคิดสะตีมศึกษาไปใช้ในการเรียนการสอนชีววิทยา ครูควรเตรียมแหล่งเรียนรู้หรือสื่อการเรียนรู้ให้นักเรียนสืบค้นอย่างเพียงพอและมีคุณภาพ เช่น จัดเตรียมตัวอย่างที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน และคัดสื่อวีดิทัศน์หรือเว็บไซต์ที่มีคุณภาพให้นักเรียนได้สืบค้น เป็นต้น นอกจากนี้ก่อนการจัดการเรียนการสอนขั้นประยุกต์ที่นักเรียนจะนำความรู้ชีววิทยามาออกแบบและสร้างผลงานเพื่อแก้ไขปัญหาสถานการณ์ ครูควรทบทวนเนื้อหาและตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนเพื่อให้มั่นใจได้ว่านักเรียนมีความเข้าใจในเนื้อหาถูกต้อง รวมทั้งนำสรุปเนื้อหาสำคัญตามตัวชี้วัดในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ทุกครั้ง เพื่อให้มั่นใจได้ว่านักเรียนเรียนรู้เนื้อหาได้ครบถ้วน เนื่องจากแต่ละหน่วยการเรียนรู้ใช้ระยะเวลาจำนวนหลายคาบเรียนอาจส่งผลให้มีบางส่วนของเนื้อหาที่นักเรียนอาจละเลยได้

1.4 การนำแนวคิดสะตีมศึกษาไปใช้ในการเรียนการสอนชีววิทยาให้เกิดประสิทธิภาพสูงสุด หากเป็นไปได้ครูผู้สอนควรเชิญผู้เชี่ยญชาญหรือบุคคลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาการสร้างผลงาน อุปกรณ์ หรือแบบจำลองเข้าร่วมเป็นส่วนหนึ่งของการจัดการเรียนการสอนในขั้นนำเสนอผลงาน และขั้นประเมินและปรับปรุง เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สอบถามข้อสงสัยหรือข้อความรู้ที่เฉพาะเจาะจง ได้เสนอผลงานและได้รับข้อเสนอแนะที่เป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาผลงานจากผู้เชี่ยญชาญ ส่งผลให้นักเรียนมองเห็นประโยชน์และมีความเข้าใจเนื้อหาชีววิทยาอย่างเป็นรูปธรรมและทราบแนวทางปรับปรุงผลงานให้เหมาะกับการนำผลงานไปใช้ในอนาคต

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยในครั้งต่อไป

2.1 จากผลการประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละในองค์ประกอบความคิดริเริ่มอยู่ในระดับดีจากแบบวัด และอยู่ในระดับดีมากจากการประเมินการออกแบบผลงานและการประเมินผลงานที่เป็นประโยชน์โดยใช้ความรู้ชีววิทยา ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปอาจศึกษาผลของการจัดการเรียนการสอนตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่มีต่อความสามารถในการสร้างนวัตกรรมของนักเรียน

2.2 จากผลคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละในพฤติกรรมด้านความรู้ความจำสูงสุดเมื่อเทียบกับด้านอื่น ๆ ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปอาจศึกษาเพิ่มเติมถึงการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษาที่ใช้สถานการณ์จริงเป็นฐานที่มีต่อความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

กระทรวงศึกษาธิการ. (2553). *แนวปฏิบัติการวัดและประเมินผลการเรียนรู้ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2556). *คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมชีววิทยา เล่ม 1.* กรุงเทพฯ: องค์การค้าของ สกสค.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2557). *หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมชีววิทยา เล่ม 1.* กรุงเทพฯ: องค์การค้าของ สกสค.

จรินยา นาหัวนิน. (2553). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ (5E) กับการจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT. (ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยราชภัฏเลย, เลย.

จารีพร ผลมูล เกริก ศักดิ์สุภาพ และ สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. (2558). การพัฒนาหน่วยการเรียนรู้บูรณาการแบบ STEAM สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ *3* กรณีศึกษา ชุมชนวังตะกอ จังหวัดชุมพร. *34th The National Graduate Research Conference.*

จารุณี วัยเจริญ. (2545). ผลการเรียนโดยใช้บันทึกการเรียนรู้ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ความคงทนของผลการเรียนและความพึงพอใจต่อการเขียนบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. (ปริญญาครุศาสตร์มหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

จินตนา เทศแอม. (2551). ชุดฝึกกระบวนการทางวิทยาศาสตร์บูรณาการ ส่งเสริมความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. (ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์, อุตรติดถ์.

ชยากร สาลีผลิน. (2547). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนด้วยวิธีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับวิธีสอนแบบปกติ. (ปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยราชภัฏพระนครศรีอยุธยา, อยุธยา.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

โชติกา ภาษีผล ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง และ กมลวรรณ ตังธนกานนท์. (2558). *การวัดและประเมินผลการเรียนรู้.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ทิศนา แขมมณี พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ ชนาธิป พรกุล. (2545). *กระบวนการเรียนรู้ ความหมาย แนวทางการพัฒนาและปัญหาข้องใจ.* กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).

นิภาภรณ์ เชยวัดเกาะ. (2545). ผลของการเรียนการสอนแบบ 4 MAT ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ ความคงทนในการเรียน และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. (ปริญญาครุศาสตร์มหาบัณฑิต), จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพฯ.

พจนานุกรมศัพท์วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี. (2559). ความคิดสร้างสรรค์. แหล่งที่มา: http://escivocab.ipst.ac.th/index.php?option=com_evocab&view=detail&no=5433 [5 สิงหาคม 2559].

พรทิพย์ ศิริภัทราชัย. (2556). STEAM Education กับการพัฒนาทักษะในศตวรรษที่ 21. *วารสารนักบริหาร*, *33*(2), 49-55.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และ พเยาว์ ยินดีสุข. (2548). *วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป.* กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ.

ไพฑูรย์ สินลารัตน์. (2558). *ทักษะแห่งศตวรรษที่ 21 ต้องก้าวให้พ้นกับดักของตะวันตก.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพศาล หวงพานิช. (2536). *การวัดผลการศึกษา*. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ภัสสร ติดมา. (2558). การพัฒนาความคิดสร้างสรรค์ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมตามแนวทางสะเต็มศึกษา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. (ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยนเรศวร, พิษณุโลก.

วรรณี แกมเกตุ. (2555). *วิธีวิทยาการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์.* กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิวรรณ สารกิจปรีชา. (2550). มาช่วยกันเสริมสร้างความคิดสร้างสรรค์ให้เด็กไทยกันดีกว่า. สมาคมอนุบาลศึกษาแห่งประเทศไทย. แหล่งที่มา: http://www.preschool.or.th/knowledge_creative.php [20 ธันวาคม 22559].

วิริยะ ฤาชัยพาณิชย์. (2559). ความคิดสร้างสรรค์กับการพัฒนาการศึกษาไทย. แหล่งที่มา: http://mcpswis.mcp.ac.th/html_edu/cgi-bin/mcp/main_php/print_informed.php?id_count_inform=21740 [20 ธันวาคม 2559].

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ศูนย์สะเต็มศึกษาแห่งชาติ. (2557). *คู่มือหลักสูตรอบรมครูสะเต็มศึกษา.* กรุงเทพฯ: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). *แนวการจัดการเรียนรู้โปรแกรมเสริม พสวท. สำหรับผู้มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์และเทคโนโลยี*. กรุงเทพฯ: ห้างหุ้นส่วนจำกัด ศรีบูรณ์คอมพิวเตอร์-การพิมพ์.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ. (2554). *รายงานสรุปการสัมมนา เรื่อง การเรียนรู้เพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญา*. กรุงเทพฯ: สถาบันเทคโนโลยีเพื่อการศึกษาแห่งชาติ.

สำนักงานราชบัณฑิตยสภา. (2558). *พจนานุกรมศัพท์ศึกษาศาสตร์ร่วมสมัย ฉบับราชบัณฑิตยสภา*. กรุงเทพฯ : สำนักงานราชบัณฑิตยสภา.

สิทธิชัย ลายเสมา. (2557). การสอนแบบสร้างสรรค์เป็นฐาน CBL. แหล่งที่มา: https://sites.google.com/site/edtechsukm/kar-cadkar-reiyn-kar-sxn-cheing-srangsrrkh [20 ธันวาคม 2559].

สุรชัย มีธาตุ. (2547). ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน. *วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษศาสตร์. 10*(2), 114-126.

แสงเดือน อันทรง. (2546). การศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 สำนักงานเขตจตุจักร กรุงเทพมหานคร. (ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต), มหาวิทยาลัยรามคำแหง, กรุงเทพฯ.

อารี พันธ์มณี. (2558). *ฝึกให้คิดเป็น คิดให้สร้างสรรค์.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาษาอังกฤษ

Aktamis, H., Permez, S., Can, T., & Ergin, O. (2005). *Developing Scientific Creativity Test.* Fen Bulumu: University of Dokuz Eyul.

Ayas, M. B., & Sak, U. (2013). Creative scientific ability test (C-SAT): A new measure of scientific creativity. *Psychological Test and Assessment Modeling, 55*(3), 316-329.

Ayas, M. B., & Sak, U. (2014). Objective measure of scientific creativity: Psychometric validity of the creative scientific ability test. *Thinking Skills and Creativity*, *13*, 195-205.

Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives: The classificaiton of educational goals* (1st ed.). New York: Longmas, Green.

Boric, M. (2017). Thailand 4.0: Investing in aviation and MRO development. *Aircraft Maintenance Technology*, *28*, 22-25, 27. Retrieved on 6th October, 2017 from http://search.proquest.com/docview/1900328911?accountid=15637.

Byron, K., Khazanchi, S., & Nazarian, D. (2010). The relationship between stressors and creativity: A meta-analysis examining competing theoretical models. *Journal of Applied Psychology*, *95*(1), 201-212.

Chan, H. (2016). STEAM: An approach, not a course. Retrieved on 17th February, 2016 from http://www.p21.org/news-events/p21blog.

Chiang, T., Yang, S., Hwang, G. (2014). An augmented reality-based mobile learning system to improve students' learning achievements and motivations in natural science inquiry activites. *Journal of Educational Technology & Society*, *17*(4), 352-365.

Clary, R. M., Brzuszek, R. F., & Fulford, C. T. (2011). Measuring creativity: A case study probing rubric effectiveness for evaluation of project-based learning solutions. *Creative Education*, *2*(4), 333-340.

Feist, G. J. (2011). Creativity in science, *Encyclopedia of Creativity (Second Edition)*. San Diego: Academic Press, 296-302.

Ge, X., Ifenthaler, D., and Spector, J. M. (2015). *Emerging Technologies for STEAM Education: Full STEAM Ahead*. New York: Springer.

Ghanbari, S. (2015). Learning across disciplines: A collective case study of two university programs that integrate the arts with STEM. *International Journal of Education & the Arts, 16*(7), 1-21.

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

Hu, W., & Adey, P. (2002). A Scientific creativity test for secondary school student. *International Journal of Science Education, 24*(4), 389-403.

Jeong, S., & Kim, H. (2015). The effect of a climate change monitoring program on students' knowledge and perceptions of STEAM Education in korea. *EURASIA Journal of Mathematics, Science & Technology Education*. *11*(6). 1321-1338.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Kanematsu H. & Barry D. M. (2016). *STEM and ICT Education in Intelligent Environments*. New York: Springer.

Kim, B. H., & Kim, J. (2016). Development and validation of evaluation indicators for teaching competency in STEAM education in Korea. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, *12*(7), 1909-1924.

Kim, D., Ko, D. G., Han, M., & Hong, S. (2014). The effects of science lessons applying STEAM education program on the creativity and interest levels of elementary students. *Journal of the Korean Association for Science Education, 34*(1), 43-54.

Kim, D., & Bolger, M. (2015). Analysis of korean elementary pre-service teachers' changing attitudes about integrated STEAM pedagogy through developing lesson plans. *International Journal of Science and Mathematics Education*, *15*(4), 587-605.

Kim, K. (2011). The creativity crisis: The decrease in creative thinking scores on the Torrance tests of creative thinking. *Creativity Research Journal*, *23*(4), 285-295.

Klopfer, L. E. (1971). Evaluation of learning in science. *Handbook on formative and summative evaluation of student learning*. New York: McGraw–Hill hook company, 574–580.

Kwon, S., Nam, D., & Lee, T. (2011). The effects of convergence education based STEAM on elementary school students' creative personality. *The 19th International Conference on Computers in Education.*

Land, M. H. (2013). Full STEAM ahead: The benefits of integrating the arts in to STEM. *Procedia Computer Science*, *20*, 547-552.

Large, P. (2013). *Complete Biology for Cambrige Secondary 1.* Glasgow: Oxford University Press.

Madden, M. E., Baxter, M., Beauchamp, H., Bouchard, K., Habermas, D., Huff, M., Ladd, B., Pearon, J., & Plague, G. (2013). Rethinking STEM education: An interdisciplinary STEAM curriculum. *Procedia Computer Science, 20*, 541-546.

Newton, L. D. (2010). Creativity in science and science education: A response to ghassib. *Gifted and Talented International, 25*(1), 105-108.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Park, H., & Shin, Y. (2012). Effects of science lesson applying STEAM Education on self-Efficacy, interest, and attitude toward science. *Biology Education, 40*(1), 132-146.

Park, N. (2014). The development of STEAM career education program using virtual reality technology. *Life Science Journal, 11*(7), 676-679.

Park, S., & Yoo, P. K. (2013). The effects of the Learning motive, interest and science process skills using the light unit on science-based STEAM. *Journal of the Korean Elementary Science Education, 32*(3), 225-238.

Partnership for 21st Century Learning. (2015). P21 Framework Definitions. Retrieved on 16th March, 2016 from http://www.p21.org/storage/documents/docs/P21_Framework_Definitions_New_Logo_2015.pdf.

Reeve, E. M. (2015). Science, Technology, Engineering, & Mathematics (STEM Education). *Thailand STEM Festival Conference 2015.*

Riley, S. (2014). *No Permission Required: A Guide of being STEAM to life K-12 Schools*. Westminster: The Vision Board, LLC.

Riley, S. (2014). How to STEAM: The STEAM process. Retrieved on 16th September, 2016 from http://educationcloset.com/steam/how-to-steam/.

Riley, S. (2016). 6 Steps to creating a STEAM-centered classroom. Retrieved on 16th September, 2016 from http://educationcloset.com/2016/02/25/6-steps-to-creating-a-steam-centered-classroom/.

Robelen, E. W. (2011). STEAM: Experts make case for adding arts to STEM; goals are creativity and engagement. *Education Week*, 31(13), 8.

Singapore Examinations and Assessment Board (2015). *O level Yearly Examination Questions Years 2005-2014.* Singapore: Educational Publishing House Pte Ltd.

Sockalingam, N., Rotgans, J., & Schmidt, H. (2011). The relationships between problem characteristics, achievement-related behaviors, and academic achievement in problem-based learning. *Advances in Health Sciences Education*, *16*(4), 481-490.

STEAM Education. (2015). STEAM Education Program Description. Retrieved on 17th February, 2016 from http://steamedu.com/wp-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

content/uploads/2014/12/STEAM-Education-Program-Description-11Nov2015.pdf.

Torrence, E. P. (1992). A National Climate for Creativity and Invention. *Gifted Child Today, 5*(1), 10-14.

Usta, E., & Akkanat, Ç. (2015). Investigating scientific creativity level of seventh grade students. *Procedia - Social and Behavioral Sciences, 191*, 1408-1415.

Yakman, G. (2008). STEAM Education: An overview of creating a model of integrative education. Retrieved on 17th February, 2016 from https://www.academia.edu/8113795/STEAM_Education_an_overview_of_creating_a_model_of_integrative_education.

Yakman, G. (2010). STEAM Education: What is the point of STE@M? – A brief overview. Retrieved on 17th February, 2016 from https://www.academia.edu/8113832/What_is_the_Point_of_STEAM_A_Brief_Overview_of_STEAM_Education.

Yang, K., Lin, S., Hong, Z., & Lin, H. (2016). Exploring the assessment of and relationship between elementary students' scientific creativity and science Inquiry. *Creativity Research Journal, 28*(1), 16-23.

.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

ภาคผนวก ข ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ภาคผนวก ค ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้การเก็บรวบรวมข้อมูล

ภาคผนวก ง คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวมรวมข้อมูล

ภาคผนวก จ ภาพกิจกรรมการเรียนการสอน

ภาคผนวก ฉ ตัวอย่างผลงานนักเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ก
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

ผู้ทรงคุณวุฒิที่ให้ความกรุณาในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีรายนามต่อไปนี้

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพมณี เชื้อวัชรินทร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. อาจารย์เพ็ชรรัตน์ ศรีวิลัย อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี)

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์และแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการ

1. อาจารย์ ดร.ชอบ ลีซอ อาจารย์ประจำภาควิชาวิจัยและจิตวิทยาประยุกต์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. อาจารย์เพ็ชรรัตน์ ศรีวิลัย อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นพมณี เชื้อวัชรินทร์ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ดวงแข สิทธิเจริญชัย ผู้ช่วยศาสตราจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
3. ผู้ช่วยศาสตราจารย์น้ำผึ้ง ศุภอุทุมพร อาจารย์ประจำกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนสาธิตจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย (ฝ่ายมัธยม)

ภาคผนวก ข
ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาโดยใช้แนวคิดสะตีมศึกษา หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ระบบย่อยอาหาร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาโดยใช้แนวคิดสะตีมศึกษา

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ระบบย่อยอาหาร จำนวน 6 คาบเรียน เวลา 300 นาที

รายวิชา ชีววิทยา 1 รหัสวิชา ว 30241 ระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4

ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 ผู้สอน นางสาวสมรัก อินทวิมลศรี

ผลการเรียนรู้

สืบค้นข้อมูล อภิปราย และสรุปเกี่ยวกับโครงสร้างและการทำงานของระบบย่อยอาหารในร่างกายของสัตว์และมนุษย์

จุดประสงค์การเรียนรู้ เมื่อจบหน่วยการเรียนรู้นักเรียนสามารถ

1. อธิบายกระบวนการย่อยอาหารของจุลินทรีย์ และสัตว์บางชนิดที่ไม่มีทางเดินอาหาร (K)
2. อธิบายลักษณะของทางเดินอาหารและการย่อยอาหารของสัตว์บางชนิด (K)
3. ระบุโครงสร้าง ส่วนประกอบและหน้าที่ของทางเดินอาหารของคน (K)
4. อธิบายกระบวนการย่อยทางเคมีและการดูดซึมในทางเดินอาหารส่วนต่างๆของคน (K)
5. ระบุสาเหตุบางประการที่ทำให้เกิดความผิดปกติของทางเดินอาหาร (K)
6. ออกแบบและเลือกใช้วัสดุสำหรับสร้างและตกแต่งอุปกรณ์การส่องตรวจลำไส้ใหญ่ด้วยกล้อง (colonoscopy) เพื่อคิดแก้ปัญหาจากสถานการณ์ได้หลากหลาย (P)
7. สร้าง ตกแต่งและทดสอบอุปกรณ์การส่องตรวจลำไส้ใหญ่ด้วยกล้อง (colonoscopy) ที่สร้างขึ้นด้วยกระบวนการออกแบบเชิงวิศวกรรมโดยคำนึงถึงความปลอดภัยของผู้บริโภค (P)
8. นำเสนอผลงานและสาธิตการใช้อุปกรณ์ที่สร้างขึ้น (P)
9. มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมกลุ่มในชั้นเรียนและรับผิดชอบหน้าที่ของตนเอง (A)

สาระสำคัญ

อาหารที่สิ่งมีชีวิตบริโภคไม่ว่าจะเป็นสิ่งมีชีวิตพวกจุลินทรีย์ สัตว์ หรือคน จะนำอาหารเข้าสู่เซลล์ได้ในรูปของสารอาหารที่มีโมเลกุลขนาดเล็ก เช่น กรดอะมิโน น้ำตาลโมเลกุลเดี่ยว กลีเซอรอล และกรดไขมัน อาหารโมเลกุลใหญ่จึงจำเป็นต้องแปรสภาพให้มีโมเลกุลเล็กลง โดยการทำงานของเอนไซม์ ซึ่งคือ น้ำย่อย โมเลกุลของสารอาหารจะถูกดูดซึม เข้าสู่เซลล์ กระบวนการแปรสภาพอาหารโมเลกุลใหญ่ให้มีโมเลกุลเล็กลง เรียกว่า การย่อยอาหาร (digestion) ประกอบด้วย ระบบย่อยอาหาร (digestive system) ที่มีปาก หลอดอาหาร กระเพาะอาหาร ลำไส้เล็ก ลำไส้ใหญ่ และทวารหนัก

สาระการเรียนรู้

การย่อยอาหาร หมายถึง เป็นกระบวนการแปรสภาพสารอาหารโมเลกุลใหญ่กลายเป็นโมเลกุลที่สามารถแพร่เข้าสู่เซลล์เพื่อนำไปใช้ประโยชน์ได้ แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบ คือ

1) การย่อยอาหารภายในเซลล์ (intracellular digestion) พบในสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว เช่น อะมีบา เซลล์เม็ดเลือดขาว และเซลล์ปลอกคอ (choanocyte) ของฟองน้ำ เป็นต้น มีการนำอาหารเข้าสู่เซลล์โดยวิธีเอนโดไซโทซิสแล้วหลั่งเอนไซม์ออกมาย่อยอาหารภายในเซลล์

2) การย่อยอาหารภายนอกเซลล์ (extracellular digestion) พบในสิ่งมีชีวิตที่มีระบบทางเดินอาหารและพวกผู้ย่อยสลายอินทรียสาร เช่น เห็ด รา โดยเซลล์จะหลั่งเอนไซม์ออกมาย่อยอาหารภายนอกเซลล์แล้วดูดซึมอาหารที่ย่อยแล้วเข้าสู่เซลล์

การย่อยอาหารของจุลินทรีย์ จุลินทรีย์พวกแบคทีเรียส่วนใหญ่และเห็ดราจะปล่อยเอนไซม์ออกมาภายนอกเซลล์แล้วดูดซึมสารอาหารที่ย่อยเป็นโมเลกุลขนาดเล็กเข้าสู่เซลล์

การย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว เช่น อะมีบาและพารามีเซียม มีการย่อยอาหารภายในเซลล์โดยอะมีบานำอาหารเข้าสู่เซลล์ด้วยวิธีฟาโกไซโทซิสและพิโนไซโทซิสส่วนพารามีเซียมใช้ซิเลียที่อยู่บริเวณร่องปาก (oral groove) โบกพัดอาหารเข้าเซลล์ในเก็บไว้ที่ฟูดแวคิวโอล จากนั้นไปรวมกับไลโซโซมที่มีเอนไซม์ย่อยอาหารให้มีขนาดเล็กลง ส่วนกากอาหารจะถูกกำจัดออกนอกเซลล์ด้วยวิธีเอกโซไซโทซิส และกากอาหารของพารามีเซียมจะออกทางช่องเปิด (anal pore)

การย่อยอาหารของสัตว์ สัตว์มีกระดูกสันหลังทุกชนิดไม่ว่าจะเป็น ปลา กบ เต่า จระเข้ นก แมว และคน มีทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ (complete digestive tract) ทางเดินอาหารมีลักษณะเป็นท่อเปิด 2 ปลายจากทางปากและไปสิ้นสุดที่ทวารหนัก ทางเดินอาหารแบบสมบูรณ์ของสัตว์มีกระดูกสันหลัง แต่ละส่วนของจะมีลักษณะและหน้าที่เฉพาะ ได้แก่ การกิน (ingestion) การย่อย (digestion) การดูดซึม (absorption) และการกำจัดกากอาหาร (elimination) ซึ่งการเปลี่ยนแปลงอาหารที่กินเข้าไป มี 2 วิธี คือ การเปลี่ยนแปลงเชิงกล เช่น การเคี้ยว ทำให้อาหารมีขนาดเล็กลงและการเปลี่ยนแปลงเชิงเคมี โดยใช้เอนไซม์ย่อยอาหารให้เป็นโมเลกุลเล็กพอที่จะดูดซึมไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกายได้ ดังนั้นการย่อยทางชีววิทยาจึงมักหมายถึงการย่อยโดยเอนไซม์ โดยมีตัวอย่างการย่อยอาหารของสัตว์ ดังต่อไปนี้

ฟองน้ำ ทางเดินอาหารเป็นแบบร่างแหซึ่งไม่ใช่ทางเดินอาหารที่แท้จริง เป็นเพียงรูเปิดเล็ก ๆ ข้างลำตัว ทำหน้าที่เป็นทางน้ำไหลเข้าสู่ลำตัวฟองน้ำเป็นการนำอาหารเข้าสู่ลำตัว ส่วนรูเปิดด้านบนลำตัวทำหน้าที่เป็นทางน้ำออก ผนังด้านในมีเซลล์พิเศษ เรียกว่า เซลล์โคแอนโนไซต์ (choanocyte)

และบริเวณใกล้กับเซลล์โคแอโนไซต์มีเซลล์ลักษณะคล้ายอะมีบา เรียกว่า อะมีโบไซต์ (amoebocyte) สามารถนำสารอินทรีย์ขนาดเล็กเข้าสู่เซลล์และย่อยอาหาร ภายในเซลล์แล้วส่งอาหารที่ย่อยแล้วไปยังเซลล์อื่นได้

ไฮดรา ทางเดินอาหารเป็นแบบปากถุง ไฮดราใช้อวัยวะคล้ายหนวด เรียกว่า หนวดจับ (tentacle) ซึ่งมีอยู่รอบปากจับอาหาร เช่น ตัวอ่อนของกุ้ง ปู และลูกไรน้ำเล็ก ๆ และใช้เซลล์นีมาโทซิสต์ (nematocyst) หรือ เข็มพิษที่ปลายหนวดจับในการล่าเหยื่อ จากนั้นจึงส่งเหยื่อเข้าปาก ทางเดินอาหารของไฮดราอยู่กลางลำตัว เป็นท่อกลวงเรียกว่า ช่องแกสโตรวาสคิวลาร์ (gastrovascular cavity) และกากอาหารจะกลับออกทางด้านปาก

พลานาเรีย ทางเดินอาหารเป็นแบบ 3 แฉก แต่ละแฉกจะมีแขนงของทางเดินอาหารแตกย่อยออกไป ปากอยู่บริเวณกลางลำตัวต่อจากปากเป็นคอหอยมีลักษณะคล้ายงวงยาวหรือโพเบอซิส (probosis) มีกล้ามเนื้อแข็งแรง มีหน้าที่จับอาหารเข้าสู่ปาก กากอาหารที่เหลือจากการย่อยและดูดซึมแล้วจะถูกขับออกทางช่องปากเช่นเดิม การย่อยอาหารของพลานาเรียเป็นการย่อยภายนอกเซลล์ นอกจากนี้เซลล์บุผนังช่องทางเดินอาหารยังสามารถฟาโกไซโทซิสจับอาหารเข้ามาย่อยภายในเซลล์ได้

ไส้เดือนดิน ทางเดินอาหารเป็นแบบช่องเปิด 2 ทาง ประกอบด้วยปากซึ่งเป็นรูเปิดทางด้านหน้าของปล้องที่หนึ่งต่อจากปากก็จะเป็นช่องปาก คอหอย มีกล้ามเนื้อหนาช่วยในการฮุบกิน มีกระเพาะพักอาหารและมีกึ๋นช่วยในการบดอาหาร ลำไส้สร้างน้ำย่อยปล่อยออกมาย่อยอาหาร สารอาหารจะถูกดูดซึมเข้าสู่ระบบเลือด เพื่อลำเลียงไปยัง ส่วนต่าง ๆ ของร่างกายส่วนสารที่ย่อยไม่ได้จะถูกขับออกทางช่องทวารหนักที่อยู่ทางส่วนท้ายของลำตัวเป็นกากอาหาร

แมลง ทางเดินอาหารเป็นแบบช่องเปิด 2 ทาง ปากของแมลงมีการเปลี่ยนแปลงและแตกต่างออกไป ให้มีความเหมาะสมกับสภาพของอาหารที่แมลงแต่ละชนิดกิน แมลงมีลักษณะพื้นฐานของทางเดินอาหารที่เหมือนกัน คือ ปาก คอหอย หลอดอาหาร กระเพาะพักอาหารขนาดใหญ่อยู่บริเวณทรวงอก และกึ๋น หรือ กระเพาะบดอาหาร (gizzard) ช่วยในการกรองและบดอาหาร มีต่อมสร้างน้ำย่อย (digestive gland) มีลักษณะคล้ายนิ้วมือ 8 อัน ยื่นออกมาจากทางเดินอาหารระหว่างกึ๋นและกระเพาะอาหาร

การย่อยอาหารของสัตว์บางชนิดกินพืช เช่น โค กระบือ กวาง จะมีโครงสร้างของทางเดินอาหารแตก ต่างจากคนและสัตว์กินเนื้อ คือ มีทางเดินอาหารที่ยาวมาก ประมาณ 40 เมตร ทำให้ระยะเวลาในการย่อยและการดูดซึมสารอาหารนานยิ่งขึ้น กระเพาะอาหารของโคและกระบือแบ่งออกเป็น 4 ส่วน มีชื่อและลักษณะเฉพาะ ได้แก่

1) กระเพาะผ้าขี้ริ้วหรือรูเมน (rumen)

2) กระเพาะรังผึ้งหรือเรติคิวลัม (reticulum)

3) กระเพาะสามสิบกลีบหรือโอมาซัม (omasum)

4) กระเพาะจริงหรืออะโบมาซัม (abomasum)

เมื่ออาหารผ่านเข้าสู่ลำไส้เล็กตอนต้นจะมีการย่อยโปรตีน ไขมันและแป้งจากน้ำย่อยจากตับอ่อนและน้ำดีจากตับ จากนั้นดูดซึมเข้าสู่ระบบหมุนเวียนต่อไป

ระบบย่อยอาหารของมนุษย์ ประกอบด้วย ทางเดินอาหารจะต้องผ่านเข้าไปเพื่อเกิดการย่อยอาหาร การดูดซึมอาหารและบางส่วนจะถูกกำจัด

ปาก (mouth) เป็นส่วนแรกที่อาหารจะถูกย่อยให้โมเลกุลเล็กลง ภายในปากประกอบด้วย น้ำลาย ฟัน ลิ้น แผ่นเพดานอ่อน และลิ้นไก่ ตัวอย่างอวัยวะสำคัญที่เกี่ยวข้องกับการย่อยในปาก ได้แก่

1) ต่อมน้ำลาย ภายในปาก มีต่อมน้ำลายอยู่ 3 คู่ คือ ต่อมใต้ขากรรไกร ต่อมน้ำลายใต้ลิ้น และต่อมน้ำลายใต้กกหู

2) ฟัน ทำหน้าที่เคี้ยวอาหารเช่น กัด ฉีก แทะ หรือบดอาหาร ฟันจะเกิดก่อนกระดูกและไม่เกี่ยวข้อง กับกระดูกส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย ฟันเป็นส่วนหนึ่งของทางเดินอาหาร ฟันประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ดังนี้

2.1) ตัวฟัน เป็นที่โผล่พ้นเหงือก

2.2) รากฟัน เป็นส่วนที่ฝังอยู่ในตัวเหงือก

2.3) คอฟัน เป็นส่วนที่คอดอยู่ระหว่างตัวฟันและรากฟัน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คอหอย (pharynx) ทำหน้าที่เป็นทางผ่านของอากาศ จากจมูกไปยังกล่องเสียง และเป็นทางผ่านของอาหารจากปากไปยังหลอดอาหาร

หลอดอาหาร (esophagus) รับอาหารจากคอหอยไปสู่กระเพาะอาหารโดยการบีบรัดอาหารให้ไปทางเดียว โดยการบีดรัดตัวกล้ามเนื้อเรียบที่บีบตัวจะเป็นลูกคลื่นเพื่อไล่อาหารลงสู่กระเพาะอาหารต่อไป

กระเพาะอาหาร (stomach) มีการย่อยเชิงกลโดยการบีบตัวของกล้ามเนื้อทางเดินอาหาร และมีการย่อยทางเคมีโดยเอนไซม์เพปซิน (pepsin) ซึ่งจะทางานได้ดีในสภาพที่เป็นกรด

ลำไส้เล็ก (small intestine) เป็นส่วนที่ต่อจากกระเพาะอาหาร แบ่งออกเป็น 3 ตอน คือ ลำไส้เล็กตอนต้น ลำไส้เล็กตอนกลาง และลำไส้เล็กตอนปลาย ลำไส้เล็กเป็นบริเวณที่มีการย่อยและการดูดซึมมากที่สุด

ลำไส้ใหญ่ (large intestine) ที่ลำไส้ใหญ่ไม่มีการย่อย แต่ทำหน้าที่เก็บกากอาหารและดูดซึมน้ำออกจากกากอาหาร ดังนั้น ถ้าไม่ถ่ายอุจจาระเป็นเวลาหลายวันติดต่อกันจะทำให้เกิดอาการท้องผูก ถ้าเป็นบ่อยๆ จะทำให้เกิดโรคริดสีดวงทวาร

ทวารหนัก (anus) เป็นอวัยวะหนึ่งที่ส่วนท้ายสุดของระบบย่อยอาหาร ทำหน้าที่เป็นช่องทางขับถ่ายอุจจาระ

กิจกรรมการเรียนการสอน

1. **ขั้นระบุสถานการณ์ (Focus) (คาบที่ 1)**

นักเรียนได้รับการกระตุ้นความสนใจจากการได้รับสถานการณ์และปัญหาที่เกี่ยวข้องกับบทเรียน เรื่องระบบย่อยอาหาร โดยครูเป็นผู้เสนอสถานการณ์ดังต่อไปนี้

“โรงพยาบาลแห่งหนึ่งมีผู้ป่วยที่เป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหารจำนวนมาก แพทย์สันนิฐานว่าผู้ป่วยส่วนใหญ่อาจมีเลือดออกหรือมีก้อนเนื้อในลำไส้ใหญ่แต่แพทย์ไม่สามารถวินิจฉัยโรคได้อย่างชัดเจนเนื่องจากไม่มีอุปกรณ์ทางการแพทย์ ทางโรงพยาบาลจึงต้องการเปิดประมูลอุปกรณ์ทางการแพทย์เพื่อเลือกซื้ออุปกรณ์การส่องตรวจลำไส้ใหญ่ด้วยกล้อง (colonoscopy) โดยประกาศให้ทีมวิศวกรทางการแพทย์ของบริษัทต่าง ๆ เข้ามาเสนอสินค้าและราคา

จากสถานการณ์ดังกล่าวหากนักเรียนเป็นทีมวิศวกรทางการแพทย์ นักเรียนจะออกแบบสร้างอุปกรณ์การส่องตรวจลำไส้ใหญ่ รวมถึงสร้างชุดทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์และเสนอราคาอย่างไร เพื่อดึงดูดผู้บริโภคและชนะการประมูลจากโรงพยาบาล โดยอุปกรณ์ต้องมีคุณสมบัติโค้งงอและสอดเข้าไปได้ตามลำไส้ใหญ่จนถึงบริเวณแผลเป็นระยะ 3 ฟุต” จากนั้นครูเสนอภาพตัวอย่างต้นแบบของอุปกรณ์การส่องตรวจลำไส้ใหญ่ที่พบทั่วไปในทางการแพทย์

2. **ขั้นวิเคราะห์สถานการณ์ (Detail) (คาบที่ 1)**

2.1 นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน เพื่อช่วยกันคิดวิเคราะห์สถานการณ์ และเขียนลงในแบบบันทึกกิจกรรมสำหรับสถานการณ์ของกลุ่ม ตามประเด็นดังต่อไปนี้ให้ได้มากที่สุด โดยให้อ่านคำถามทีละข้อและให้เวลาข้อละ 1 นาที เพื่อพัฒนาความคิดคล่องของนักเรียน

1) นักเรียนคิดว่าผู้ป่วยที่มีอาการเลือดออกในลำไส้ใหญ่เกิดจากสาเหตุใด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2) นักเรียนคิดว่าผู้ป่วยที่มีก้อนเนื้อในลำไส้ใหญ่ได้เกิดจากสาเหตุใด

3) หากนักเรียนเป็นทีมวิศวกรทางการแพทย์ที่ต้องออกแบบอุปกรณ์การส่องตรวจลำไส้ใหญ่ด้วยกล้อง (colonoscopy) นักเรียนคิดว่านักเรียนจำเป็นต้องมีความรู้ในเรื่องได้บ้าง

2.2 ตัวแทนกลุ่มไปเขียนคำตอบบนกระดาน และอภิปรายร่วมกันในชั้นเรียน

3. ขั้นศึกษาค้นคว้า (Discovery) (คาบที่ 1-4)

3.1 เมื่อนักเรียนระบุปัญหาในสถานการณ์ได้ นักเรียนจึงสามารถศึกษาค้นคว้าหาความรู้ที่เป็นพื้นฐานของปัญหาในสถานการณ์ได้จากการทำปฏิบัติการการทดลอง เรื่องระบบย่อยอาหารของสัตว์ ซึ่งนักเรียนได้เรียนรู้ระบบย่อยอาหารของปลากินพืชและปลากินสัตว์ หลังจากนั้นนักเรียนได้ศึกษากระบวนการย่อยอาหารจากวีดิทัศน์ และการสืบค้นร่วมกับอภิปรายกลุ่ม

3.2 ครูให้นักเรียนในแต่ละกลุ่ม แบ่งหน้าที่กันสืบค้นข้อมูลที่จำเป็นต้องใช้เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ ระบบย่อยอาหารของคน และนักเรียนควรศึกษาเกี่ยวกับระบบย่อยอาหารของสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ ได้แก่ การย่อยอาหารของจุลินทรีย์ สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว และสัตว์บางประเภท โดยจัดกระทำข้อมูลลงในตารางของกลุ่มตนเอง

4. ขั้นประยุกต์ (Application) (คาบที่ 5)

4.1 นักเรียนในกลุ่มนำความรู้ที่ได้จากการเรียน การทำกิจกรรมและการสืบค้นมาช่วยกันแก้ปัญหาจากสถานการณ์

4.2 ครูให้นักเรียนช่วยกันคิดวิธีการแก้ปัญหาจากสถานการณ์โดยออกแบบอุปกรณ์การส่องตรวจลำไส้ใหญ่ด้วยกล้อง (colonoscopy) ให้ได้หลากหลายแบบมากที่สุด พร้อมระบุถึงวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ โดยออกแบบลงในแบบบันทึกกิจกรรมสำหรับสถานการณ์ของกลุ่ม เพื่อพัฒนาความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่มของนักเรียน

4.3 นักเรียนในกลุ่มช่วยกันตัดสินใจเลือกแบบที่ออกแบบมาและสร้างเป็นสิ่งประดิษฐ์กลุ่มละ 1 ชิ้นงาน โดยชิ้นงานต้องมีความสวยงามดึงดูดผู้บริโภค ทดสอบหรือสาธิตอุปกรณ์ได้และมีการเสนอราคา

5. ขั้นนำเสนอ (Presentation) (คาบที่ 6)

5.1 ในชั้นเรียนถูกจัดเป็นเวทีขายอุปกรณ์ทางการแพทย์ นักเรียนแต่ละกลุ่มอยู่ประจำโต๊ะพูดและนำเสนอสิ่งประดิษฐ์ อุปกรณ์การส่องตรวจลำไส้ใหญ่ด้วยกล้อง (colonoscopy) ของกลุ่มตนเอง พร้อมเสนอราคา อธิบายวิธีการใช้ ข้อดีและคุณสมบัติที่เป็นจุดขายที่ทำให้ผู้บริโภคสนใจ กลุ่มละ 7 นาที

5.2 นักเรียนทุกคนได้มีโอกาสเดินชมสิ่งประดิษฐ์และเลือกตัดสินใจซื้อสิ่งประดิษฐ์ 1 ชิ้น พร้อมระบุเหตุผลว่าเหตุใดจึงเลือกหรือไม่เลือกสิ่งประดิษฐ์ของแต่ละกลุ่มลงในแบบประเมินชิ้นงานที่เตรียมไว้ให้เท่ากับจำนวนกลุ่มที่นำเสนอและหย่อนลงในกล่องประจำกลุ่มจนครบทุกกลุ่ม

6. ขั้นประเมินและปรับปรุง (Link) (คาบที่ 6)

6.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มอ่านข้อเสนอแนะและสรุปเป็นประเด็นของกลุ่มตนเองดังต่อไปนี้ และนำชิ้นงานไปปรับปรุงแก้ไข

1) ข้อดีหรือจุดขายของสิ่งประดิษฐ์ที่ลูกค้าชื่นชอบ

2) ข้อเสียหรือสิ่งที่ควรปรับปรุงสิ่งประดิษฐ์

3) แนวทางในการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ให้ดีขึ้น

6.2 ครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันถึงสิ่งที่ได้เรียนรู้จากกิจกรรมในหน่วยการเรียนรู้ดังต่อไปนี้

1) ข้อความรู้ที่นักเรียนได้รับจากหน่วยการเรียนรู้

2) ประโยชน์ที่ได้รับจากหน่วยการเรียนรู้

สื่อการเรียนการสอน

1. แบบบันทึกกิจกรรมสำหรับสถานการณ์ หน่วยการเรียนรู้ที่ 1 ระบบย่อยอาหาร
2. แบบบันทึกกิจกรรมสำหรับปฏิบัติการทดลอง เรื่อง ระบบย่อยอาหารของสัตว์
3. สื่อ PowerPoint
4. วีดิทัศน์ เรื่อง ระบบย่อยอาหาร เข้าถึงได้จาก https://www.youtube.com/watch?v=4dG2PYD94es&t=2s&index=31&list=PLIsylrwbJqdtTKc4zRWCTjalsj02DiJWd

การประเมินผลการเรียนรู้

สิ่งที่ต้องการวัดประเมิน	วิธีการประเมิน	เครื่องมือที่ใช้	เกณฑ์
1. การตอบคำถามในชั้นเรียน	การสังเกตการตอบคำถามในชั้นเรียนและแบบบันทึกกิจกรรม	1. แบบบันทึกกิจกรรมสำหรับสถานการณ์ 2. แบบบันทึกกิจกรรมสำหรับการทดลอง	ตอบคำถามได้ถูกต้องร้อยละ 80 ขึ้นไป
2. การออกแบบอุปกรณ์การส่องตรวจลำไส้ใหญ่ด้วยกล้องในแต่ละกลุ่ม	การสังเกตการออกแบบและการเขียนอธิบายจากแบบบันทึกกิจกรรม	แบบบันทึกกิจกรรมสำหรับสถานการณ์	ออกแบบอุปกรณ์ได้หลากหลาย ขนาดเหมาะสมกับสถานการณ์ มีจุดเด่น และเขียนอธิบายหน้าที่ของส่วนประกอบต่างๆของอุปกรณ์ได้ชัดเจน
3. การเลือกใช้วัสดุอุปกรณ์และการสร้างอุปกรณ์ของนักเรียนในแต่ละกลุ่ม	การสังเกตจากผลงานและแบบบันทึกกิจกรรม	แบบประเมินผลงาน	เลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ได้คุ้มค่า สร้างอุปกรณ์ได้เหมาะสมกับสถานการณ์และมีความสวยงาม*
4. การนำเสนอชิ้นงานในชั้นเรียน	การสังเกตขณะนำเสนอชิ้นงาน	แบบประเมินผลงาน	พูดนำเสนอ สาธิตอุปกรณ์ และตอบข้อสงสัยได้ชัดเจน*

* ศึกษารายละเอียดของเกณฑ์ในแบบประเมินผลงาน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบบันทึกกิจกรรมสำหรับสถานการณ์

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ระบบย่อยอาหาร

รายชื่อสมาชิก

1. ชื่อ-นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....
2. ชื่อ-นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....
3. ชื่อ-นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....
4. ชื่อ-นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....
5. ชื่อ-นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

จงอ่านสถานการณ์ดังต่อไปนี้และตอบคำถาม ข้อ 1-3

“โรงพยาบาลแห่งหนึ่งมีผู้ป่วยที่เป็นโรคเกี่ยวกับทางเดินอาหารจำนวนมาก แพทย์สันนิฐานว่าผู้ป่วยส่วนใหญ่อาจมีเลือดออกหรือมีก้อนเนื้อในลำไส้ใหญ่แต่แพทย์ไม่สามารถวินิจฉัยโรคได้อย่างชัดเจนเนื่องจากไม่มีอุปกรณ์ทางการแพทย์ ทางโรงพยาบาลจึงต้องการเปิดประมูลอุปกรณ์ทางการแพทย์เพื่อเลือกซื้ออุปกรณ์การส่องตรวจลำไส้ใหญ่ด้วยกล้อง (colonoscopy) โดยประกาศให้ทีมวิศวกรทางการแพทย์ของบริษัทต่างๆ เข้ามาเสนอสินค้าและราคา

จากสถานการณ์ดังกล่าวหากนักเรียนเป็นทีมวิศวกรทางการแพทย์ นักเรียนจะออกแบบสร้างอุปกรณ์การส่องตรวจลำไส้ใหญ่ รวมถึงสร้างชุดทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์และเสนอราคาอย่างไร เพื่อดึงดูดผู้บริโภคและชนะการประมูลจากโรงพยาบาล โดยอุปกรณ์ต้องมีคุณสมบัติโค้งงอและสอดเข้าไปได้ตามลำไส้ใหญ่จนถึงบริเวณแผลเป็นระยะ 3 ฟุต”

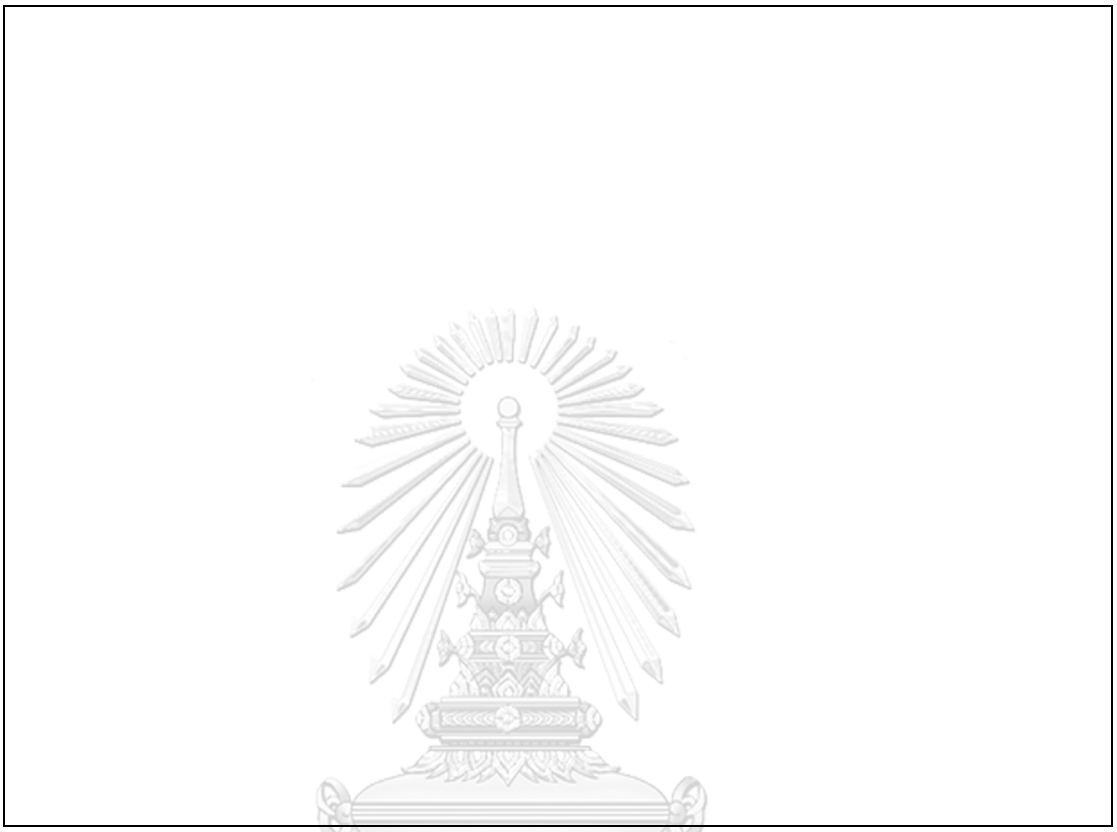
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. จากสถานการณ์นักเรียนคิดว่า นักเรียนคิดว่าผู้ป่วยที่มีอาการเลือดออกในลำไส้ใหญ่เกิดจากสาเหตุใด จงตอบเป็นข้อโดยเขียนจำนวนคำตอบให้ได้มากที่สุด (1 นาที)
2. จากสถานการณ์ นักเรียนคิดว่าผู้ป่วยที่มีก้อนเนื้อในลำใส้ใหญ่ได้เกิดจากสาเหตุใด (1 นาที)
3. หากนักเรียนเป็นทีมวิศวกรทางการแพทย์ที่ต้องออกแบบอุปกรณ์การส่องตรวจลำไส้ใหญ่ด้วยกล้อง (colonoscopy) นักเรียนคิดว่านักเรียนจำเป็นต้องมีความรู้ในเรื่องได้บ้าง (1 นาที)

4. จงหาวิธีออกแบบอุปกรณ์การส่องตรวจลำไส้ใหญ่ด้วยกล้อง (colonoscopy) ให้ได้จำนวนวิธีมากที่สุดที่สอดคล้องกับสถานการณ์ พร้อมระบุวัสดุอุปกรณ์ที่ใช้และเขียนคำอธิบายการออกแบบแต่ละวิธี

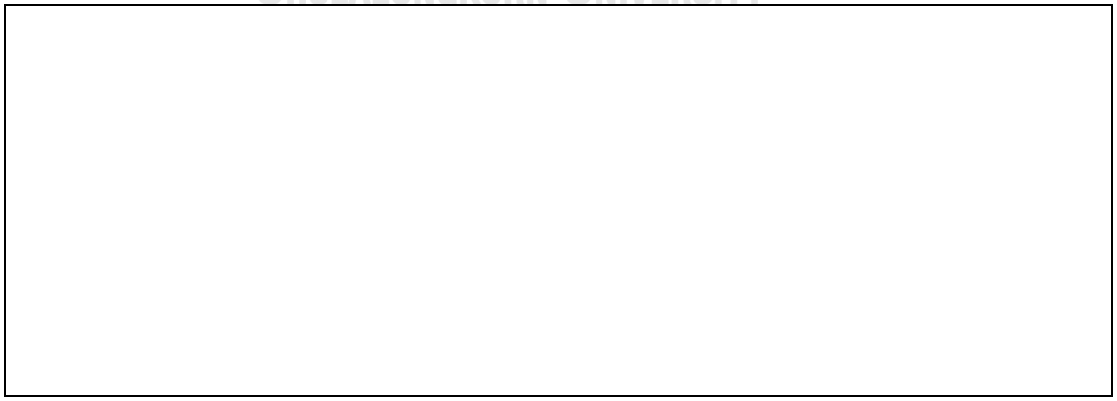
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5. จงเลือกวิธีการออกแบบอุปกรณ์การส่องตรวจลำไส้ใหญ่ด้วยกล้อง (colonoscopy) ที่คิดว่าดีที่สุดจากคำถามข้อ 4 มา 1 วิธี พร้อมวาดรูปและเขียนคำอธิบาย และใช้อุปกรณ์ตามที่ออกแบบไว้มาสร้างอุปกรณ์การส่องตรวจลำไส้ใหญ่ด้วยกล้องจำลองเพื่อแก้ปัญหาสถานการณ์ดังกล่าว



6. จากข้อ 5 นักเรียนจะสร้างวิธีการสาธิตตรวจสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์การส่องตรวจลำไส้ใหญ่ด้วยกล้องจำลองที่สร้างขึ้นได้อย่างไร จงวาดรูปพร้อมเขียนคำอธิบายอุปกรณ์ที่ใช้และวิธีสาธิต

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



แบบบันทึกกิจกรรมสำหรับปฏิบัติการทดลอง เรื่อง ระบบย่อยอาหารของสัตว์
รายวิชา ชีววิทยาพื้นฐาน รหัสวิชา ว 30241 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559

วัตถุประสงค์ เพื่อให้นักเรียนสามารถสังเกตและเปรียบเทียบทางเดินอาหารของสัตว์มีกระดูกสันหลังระหว่างปลากินพืชและปลากินสัตว์

รายชื่อสมาชิก

1. .....ชั้น.....เลขที่.....
2. .....ชั้น.....เลขที่.....
3. .....ชั้น.....เลขที่.....
4. .....ชั้น.....เลขที่.....

<u>คำชี้แจง</u> จงศึกษาทางเดินอาหารของปลานิลและปลาดุก พร้อมตอบคำถามลงในช่องว่าง

วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้

1..... 2..... 3..... 4..... 5.....
6.....7.....8..... 9.....10.....
11.....12.....13..... 14.....15.....

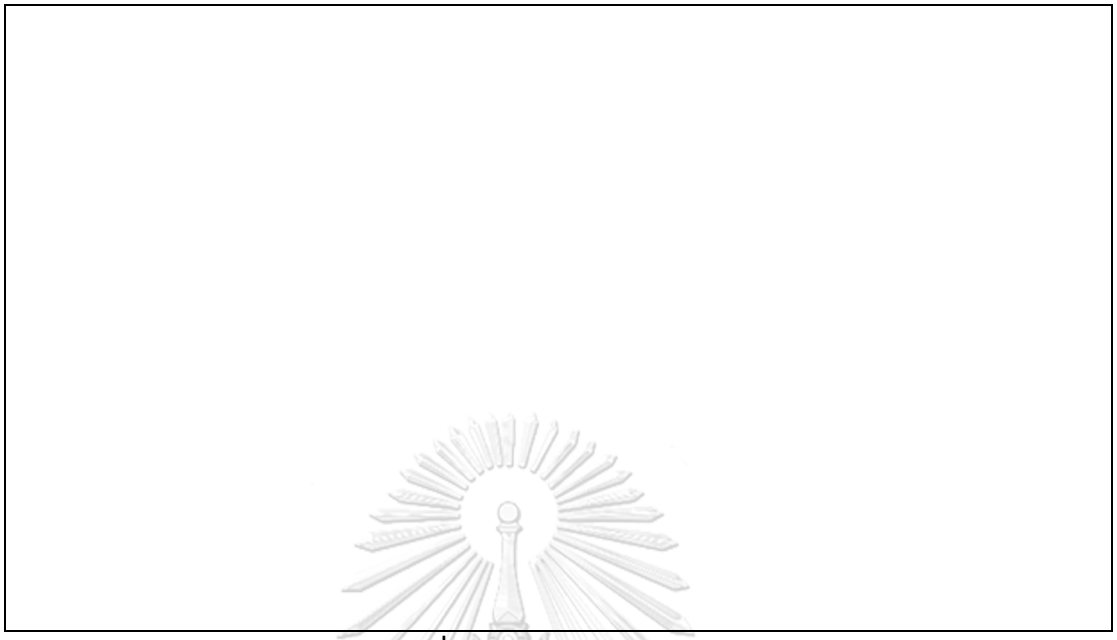
<u>ตอนที่ 1</u> การศึกษาทางเดินอาหารของปลานิลและปลาดุก

ขั้นตอนการศึกษา

1. **<u>ปลานิล:</u>** หากปลานิลยังมีเกล็ดให้ถอดเกล็ดออกและล้างให้สะอาด
2. ใช้กรรไกรตัดครีบด้านข้างลำตัวและแผ่นปิดเหงือกออกเพื่อให้สะดวกแก่การผ่าอวัยวะภายใน
3. ใช้มีดผ่าลำตัวปลาให้เป็นรูปตัวอักษร U คว่ำ
4. ใช้มีดค่อยๆเลาะเอาเนื้อปลาออกตามลำตัวออกจนพบก้างปลาบริเวณท้องปลา
5. ใช้กรรไกรตัดก้างปลาบริเวณท้องปลาออกอย่างระมัดระวัง นำก้างบริเวณท้องปลาออก
6. **<u>ปลาดุก</u>**: หงายท้องปลาดุกและผ่าเป็นรูปตัวอักษร T ตัวแนวยาวของลำตัวปลา
7. จัดระเบียบอวัยวะภายในของปลาทั้งสองให้เห็นชัดเจน วาดภาพพร้อมระบุอวัยวะที่พบโดยใช้เข็มหมุดช่วย
8. ตรวจสอบและวัดขนาดของอวัยวะต่างๆ ในระบบทางเดินอาหาร
9. เปรียบเทียบอวัยวะและขนาดของอวัยวะที่พบในทางเดินอาหารของปลาทั้งสองชนิดและบันทึกผล

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตอนที่ 2</u> ผลการศึกษาทางเดินอาหารของปลานิล



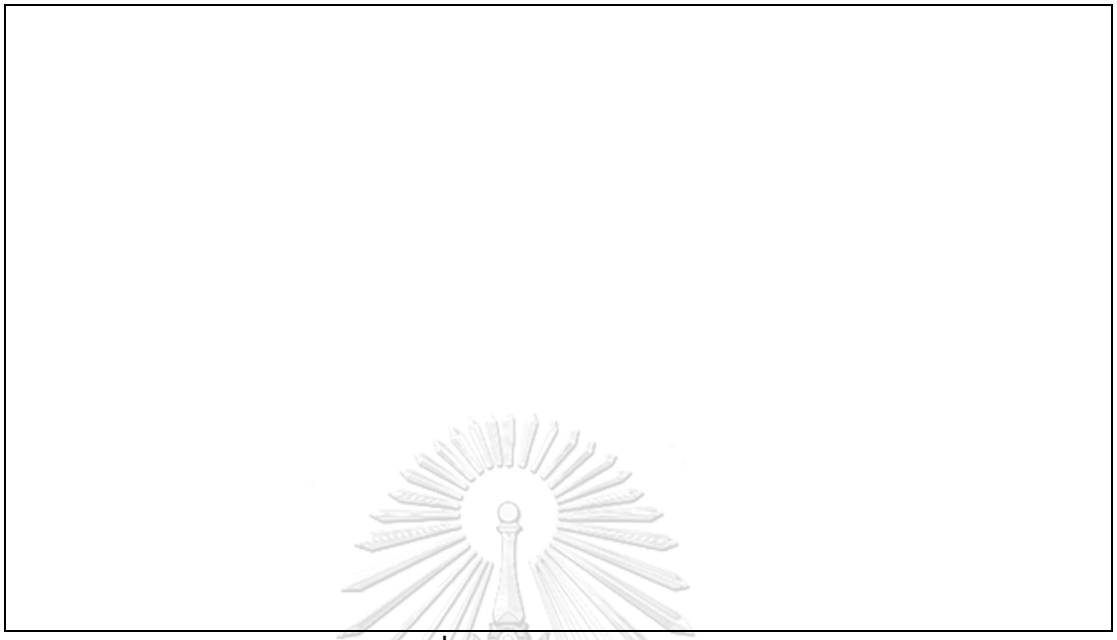
รูปภาพที่ 1 ทางเดินอาหารของปลานิล

ตารางที่ 1 ตารางแสดงขนาดและอวัยวะในทางเดินอาหารของปลานิล

อวัยวะที่พบ	รูปภาพ	ลักษณะและขนาดของอวัยวะ (cm)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตอนที่ 3</u> ผลการศึกษาทางเดินอาหารของปลาดุก



รูปภาพที่ 2 ทางเดินอาหารของปลาดุก

ตารางที่ 2 ตารางแสดงขนาดและอวัยวะในทางเดินอาหารของปลาดุก

อวัยวะที่พบ	รูปภาพ	ลักษณะและขนาดของอวัยวะ (cm)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

<u>ตอนที่ 4</u> คำถามท้ายกิจกรรม

1. นักเรียนพบโครงสร้างหรือส่วนประกอบของทางเดินอาหารอะไรบ้างในปลานิล

   ....

   ....

2. จงเรียงลำดับทางเดินอาหารของปลานิลพืชตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงลำดับสุดท้าย

   .....

   ....

3. นักเรียนพบโครงสร้างหรือส่วนประกอบของทางเดินอาหารอะไรบ้างในปลาดุก

   ....

   ....

4. จงเรียงลำดับทางเดินอาหารของปลาดุกตั้งแต่เริ่มต้นจนถึงลำดับสุดท้าย

   ....

   ....

5. ทางเดินอาหารของปลานิลและปลาดุกมีความคล้ายคลึงกันในประเด็นใดบ้าง อย่างไร

   ....

   ....

6. ทางเดินอาหารของปลานิลและปลาดุกมีความแตกต่างกันในประเด็นใดบ้าง อย่างไร

   ....

   ....

   ....

7. นักเรียนคิดว่าทางเดินอาหารปลานิลและปลาดุกที่นักเรียนศึกษาสัมพันธ์กับอาหารที่กินอย่างไร

   ....

   ....

8. จากกิจกรรมทั้งหมด นักเรียนได้ข้อสรุปว่าอย่างไร

   ....

   ....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบประเมินชิ้นงาน อุปกรณ์การส่องตรวจลำไส้ใหญ่ด้วยกล้อง (colonoscopy)

ประเมินกลุ่มที่..... ชั้น.....

ประเด็นการประเมิน	ระดับและเกณฑ์การให้คะแนน			
	ดีมาก - 4	**ดี - 3**	**พอใช้ - 2**	**ควรปรับปรุง - 1**
1. ลักษณะและรายละเอียดของผลงาน	- ผลงานมีลักษณะครบ 4 ประการ ดังนี้ 1. เลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ได้คุ้มค่า ประหยัด 2. อุปกรณ์กล้องเห็นส่วนต่าง ๆ ชัดเจน 3. วัสดุที่เลือกใช้เป็นแบบจำลองลำไส้ใหญ่มีขนาดสมจริง 4. ประณีตดึงดูดผู้บริโภค	- ผลงานมีลักษณะ 3 ใน 4 ประการ ดังนี้ 1. เลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ได้คุ้มค่า ประหยัด 2. อุปกรณ์กล้องเห็นส่วนต่าง ๆ ชัดเจน 3. วัสดุที่เลือกใช้เป็นแบบจำลองลำไส้ใหญ่มีขนาดสมจริง 4. ประณีตดึงดูดผู้บริโภค	- ผลงานมีลักษณะ 2 ใน 4 ลักษณะ ดังนี้ 1. เลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ได้คุ้มค่า ประหยัด 2. อุปกรณ์กล้องเห็นส่วนต่าง ๆ ชัดเจน 3. วัสดุที่เลือกใช้เป็นแบบจำลองลำไส้ใหญ่มีขนาดสมจริง 4. ประณีตดึงดูดผู้บริโภค	- ผลงานมีลักษณะ 1 ใน 4 ประการ ดังนี้ 1. เลือกใช้วัสดุอุปกรณ์ได้คุ้มค่า ประหยัด 2. อุปกรณ์กล้องเห็นส่วนต่าง ๆ ชัดเจน 3. วัสดุที่เลือกใช้เป็นแบบจำลองลำไส้ใหญ่มีขนาดสมจริง 4. ประณีตดึงดูดผู้บริโภค
2. คุณสมบัติของผลงาน	- ผลงานมีคุณสมบัติครบ 4 ประการ ดังนี้ 1. อุปกรณ์กล้องสามารถโค้งงอ 2. อุปกรณ์กล้องสอดเข้าไปในแบบจำลองลำไส้ใหญ่ได้เป็นระยะ 3 ฟุต 3. ขนาดของอุปกรณ์กล้องเหมาะสมกับขนาดของลำไส้ใหญ่ 4. อุปกรณ์กล้องส่องตรวจลำไส้ใหญ่ได้	- ผลงานมีคุณสมบัติ 3 ใน 4 ประการ ดังนี้ 1. อุปกรณ์กล้องสามารถโค้งงอ 2. อุปกรณ์กล้องสอดเข้าไปในแบบจำลองลำไส้ใหญ่ได้เป็นระยะ 3 ฟุต 3. ขนาดของอุปกรณ์กล้องเหมาะสมกับขนาดของลำไส้ใหญ่ 4. อุปกรณ์กล้องส่องตรวจลำไส้ใหญ่ได้	- ผลงานมีคุณสมบัติ 2 ใน 4 ประการ ดังนี้ 1. อุปกรณ์กล้องสามารถโค้งงอ 2. อุปกรณ์กล้องสอดเข้าไปในแบบจำลองลำไส้ใหญ่ได้เป็นระยะ 3 ฟุต 3. ขนาดของอุปกรณ์กล้องเหมาะสมกับขนาดของลำไส้ใหญ่ 4. อุปกรณ์กล้องส่องตรวจลำไส้ใหญ่ได้	- ผลงานมีคุณสมบัติ 1 ใน 4 ประการ ดังนี้ 1. อุปกรณ์กล้องสามารถโค้งงอ 2. อุปกรณ์กล้องสอดเข้าไปในแบบจำลองลำไส้ใหญ่ได้เป็นระยะ 3 ฟุต 3. ขนาดของอุปกรณ์กล้องเหมาะสมกับขนาดของลำไส้ใหญ่ 4. อุปกรณ์กล้องส่องตรวจลำไส้ใหญ่ได้
3. การนำเสนอผลงาน	- นำเสนอได้ครบ 4 ประการ ดังนี้ 1. จุดเด่นหรือประโยชน์ของอุปกรณ์ 2. สาธิตการใช้อุปกรณ์ได้ 3. พูดโน้มน้าวใจผู้รับชมให้คล้อยตามได้ 4. สามารถตอบคำถามได้ทั้งหมด	- นำเสนอได้ 3 ใน 4 ประการ ดังนี้ 1. จุดเด่นหรือประโยชน์ของอุปกรณ์ 2. สาธิตการใช้อุปกรณ์ได้ 3. พูดโน้มน้าวใจผู้รับชมให้คล้อยตามได้ 4. สามารถตอบคำถามได้ทั้งหมด	- นำเสนอได้ครบ 2 ใน 4 ประการ ดังนี้ 1. จุดเด่นหรือประโยชน์ของอุปกรณ์ 2. สาธิตการใช้อุปกรณ์ได้ 3. พูดโน้มน้าวใจผู้รับชมให้คล้อยตามได้ 4. สามารถตอบคำถามได้ทั้งหมด	- นำเสนอได้ 1 ใน 4 ประการ ดังนี้ 1. จุดเด่นหรือประโยชน์ของอุปกรณ์ 2. สาธิตการใช้อุปกรณ์ได้ 3. พูดโน้มน้าวใจผู้รับชมให้คล้อยตามได้ 4. สามารถตอบคำถามได้ทั้งหมด
4. ความคิดริเริ่ม	- ผลงานมีความแปลกแตกต่างจากต้นแบบและไม่ซ้ำกับผลงานของผู้ใดในชั้นเรียน	- ผลงานมีบางส่วนที่แตกต่างจากต้นแบบและและซ้ำกับผลงานของผู้อื่นในชั้นเรียนไม่เกินร้อยละ 50 ของจำนวนผลงานทั้งหมดในชั้นเรียน	- ผลงานมีบางส่วนที่แตกต่างจากต้นแบบและและซ้ำกับผลงานของผู้อื่นในชั้นเรียนมากกว่าร้อยละ 50 ของจำนวนชิ้นงานทั้งหมดในชั้นเรียน	- ผลงานนักเรียนไม่แตกต่างจากต้นแบบ

ภาคผนวก ค
ตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้การเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ฉบับก่อนเรียน
2. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ฉบับหลังเรียน และตัวอย่างคำตอบ
3. เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
4. แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการ
   4.1 แบบประเมินการออกแบบผลงาน และแบบบันทึกกิจกรรมสำหรับสถานการณ์หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การเจริญเติบโตของสัตว์
   4.2 แบบประเมินผลงาน
5. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ฉบับก่อนเรียน

(ตัวอย่าง)

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับนี้ เป็นแบบวัดประเภทอัตนัย จำนวน 6 ข้อ
2. ให้นักเรียนตอบคำถามให้แต่ละข้อโดยเขียนคำตอบในช่องว่างที่เว้นไว้ให้มีจำนวนมากที่สุด
3. เวลาที่ใช้ในการสอบทั้งหมด 45 นาที โดยมีรายละเอียดดังนี้
   3.1 ข้อ 1-4 จำกัดเวลา ข้อละ 3 นาที
   3.2 ข้อ 5-6 ให้ทำแบบวัดทั้งสองข้อภายในเวลา 33 นาที
4. อาจารย์ผู้คุมสอบจะเป็นผู้ให้สัญญาณหมดเวลาในการทำแบบวัดแต่ละข้อ เมื่อได้ยินสัญญาณแล้วให้หยุดทำทันที จากนั้นอาจารย์ผู้คุมสอบจะเก็บแบบวัดพร้อมทั้งแจกแบบวัดข้อถัดไป
5. ไม่อนุญาตให้นักเรียนเริ่มทำแบบวัดก่อนได้รับอนุญาต
6. นักเรียนจะได้คะแนนสูงเมื่อตอบคำตอบได้จำนวนมาก มีความสมเหตุผลสมผลสอดคล้องกับข้อคำถาม และเป็นคำตอบที่ใหม่หรือต่างแตกจากคำตอบของนักเรียนทั่วไป
7. โปรดเขียนชื่อและนามสกุลให้เรียบร้อยก่อนลงมือทำข้อสอบ
8. โปรดส่งแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ให้อาจารย์ผู้ควบคุมก่อนออกห้องสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. จงระบุแนวทางของการนำกล้องจุลทรรศน์ทุกประเภทไปใช้ประโยชน์ให้ได้จำนวนข้อมากที่สุด *(3 นาที: วัดความคิดคล่องเต็ม 4 คะแนน ความคิดยืดหยุ่นเต็ม 4 คะแนน และความคิดริเริ่มเต็ม 4 คะแนน รวม 12 คะแนน)*

ตัวอย่างคำตอบและกลุ่มคำตอบ

ด้านการแพทย์ - ใช้ศึกษาความผิดปกติของเซลล์ในร่างกาย ศึกษาเชื้อโรค ช่วยในการผลิตยา ใช้ส่องเพื่อช่วยในการผ่าตัด

ด้านการเกษตร - ใช้ศึกษาเซลล์พืชพรรณทางการเกษตร ใช้ประโยชน์ในการเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ ตัดต่อเนื้อเยื่อ

ด้านอุตสาหกรรม – ใช้เพื่อช่วยส่องการผลิตชิ้นส่วนอิเล็กทรอนิคขนาดเล็ก ใช้ตรวจดูอัญมณีปลอม

ด้านการเงิน – ใช้ส่องธนบัตรปลอม

ด้านการศึกษาในโรงเรียน – ศึกษารูปร่างหรือผิวของแมลง ศึกษาโครงสร้างของเรณู ศึกษาการลำเลียงน้ำและอาหารของพืช ศึกษาโครงสร้างของเซลล์จากเยื่อบุข้างแก้ม ศึกษาออร์แกเนลล์ของเซลล์พืชในสาหร่ายหางกระรอก ศึกษาลิวโคพลาสต์ในเซลล์มันฝรั่ง สำรวจสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กในบ่อน้ำ

ด้านการค้า – ใช้ส่องดูพระเครื่อง ดูวัตถุโบราณ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

3. จงคิดวิธีที่จะทำให้โต๊ะปฏิบัติการในห้องเรียนชีววิทยาดังรูป จำนวน 1 ตัว มีความน่าสนใจ ใช้ประโยชน์ได้มากขึ้นและมีความสวยงามได้อย่างไรบ้าง จงเขียนวิธีให้ได้มากที่สุด *(3 นาที: วัดความคิดคล่องเต็ม 4 คะแนน ความคิดยืดหยุ่นเต็ม 4 คะแนน และความคิดริเริ่มเต็ม 4 คะแนน รวม 12 คะแนน)*

ตัวอย่างคำตอบและกลุ่มคำตอบ

ด้านการเก็บอุปกรณ์ - ทำลิ้นชักเก็บอุปกรณ์เพิ่มใต้โต๊ะ ทำตู้เก็บอุปกรณ์เพิ่มด้านบนของโต๊ะ

ด้านการล้างอุปกรณ์ - ทำก๊อกน้ำให้ติดประจำโต๊ะ ทำก๊อกน้ำแบบใช้เท้าเหยียบแทนมือ มีรางคว่ำบิกเกอร์หรือเครื่องแก้วบริเวณอ่างประจำโต๊ะ มีช่องใส่สบู่ล้างมือและน้ำยาล้างจานประจำโต๊ะ มีที่วางสก๊อตไบร์ทและแปลงล้างหลอดทดลองประจำโต๊ะ

ด้านความสวยงามของโต๊ะ - วาดลวดลายและทาสีโต๊ะให้สดใส วาดโต๊ะและลงสีเป็นรูปเซลล์หรือสิ่งมีชีวิตในอาณาจักรต่างๆ แต่งโต๊ะเป็นศัพท์ภาษาอังกฤษทางชีววิทยา

ด้านความสะอาดของโต๊ะ - มีราวตากผ้าขี้ริ้วประจำโต๊ะ มีที่เสียบไม้กวาดประจำโต๊ะ มีช่องวางกล่องทิชชูประจำโต๊ะ

ด้านรูปร่างลักษณะของโต๊ะ – หาไม้มาตอกขยายขนาดของโต๊ะให้กว้างขึ้น หาไม้มาตอกเพิ่มเพื่อเปลี่ยนรูปร่างของโต๊ะจากสี่เหลี่ยมเป็นแปดเหลี่ยมเพื่อให้นักเรียนนั่งได้เพียงพอ เพิ่มล้อเลื่อนของโต๊ะเพิ่มให้ขยับได้เมื่อต้องการเปลี่ยนรูปแบบของห้อง

ด้านอุปกรณ์ไฟฟ้า – ติดไฟประจำโต๊ะแลปทุกโต๊ะ เพิ่มจำนวนปลั๊กประจำโต๊ะแต่ละโต๊ะ

4. สมมติว่าในโลกไม่มีพืชอีกต่อไป นักเรียนคิดว่าจะเกิดผลกระทบอย่างไรบ้าง จงเขียนคำตอบให้ได้จำนวนข้อมากที่สุด *(3 นาที: วัดความคิดคล่องเต็ม 4 คะแนน ความคิดยืดหยุ่นเต็ม 4 คะแนน และความคิดริเริ่มเต็ม 4 คะแนน รวม 12 คะแนน)*

ตัวอย่างคำตอบและกลุ่มคำตอบ

ด้านสิ่งแวดล้อมและภัยธรรมชาติ – เกิดน้ำท่วมบ่อยมากขึ้น เกิดน้ำป่าไหลหลาก อุณหภูมิเฉลี่ยของโลกสูงขึ้น เกิดแก๊สเรือนกระจกมากขึ้น แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มากขึ้น แก๊สออกซิเจนน้อยลง น้ำแข็งขั้วโลกละลาย ระดับน้ำทะเลสูงขึ้น

ด้านการเกษตร – ผักขาดตลาด หมูขาดตลาด วัวขาดตลาด ไก่ขาดตลาด คนทำอาชีพเกษตรน้อยลง

ด้านทรัพยากรและเศรษฐกิจ – การส่งสินค้าประเภทผักออกนอกประเทศมีปัญหา สินค้าผลไม้กระเป๋าขาดแคลนไม่เพียงพอในการส่งออก สินค้าประเภทผลิตทำความสะอาดไม่มีกลิ่นจากสารสกัดจากดอกไม้

ด้านอาหาร – คนขาดแหล่งอาหารจำพวกผัก คนมีอาหารที่เป็นเนื้อสัตว์น้อยลง สัตว์ขาดแหล่งอาหาร

ด้านที่อยู่อาศัย – ขาดทรัพยากรไม้สร้างบ้าน เฟอร์นิเจอร์ไม้ราคาแพงขึ้นมาก ไม่มีการตกแต่งบ้านด้วยสวนหย่อม

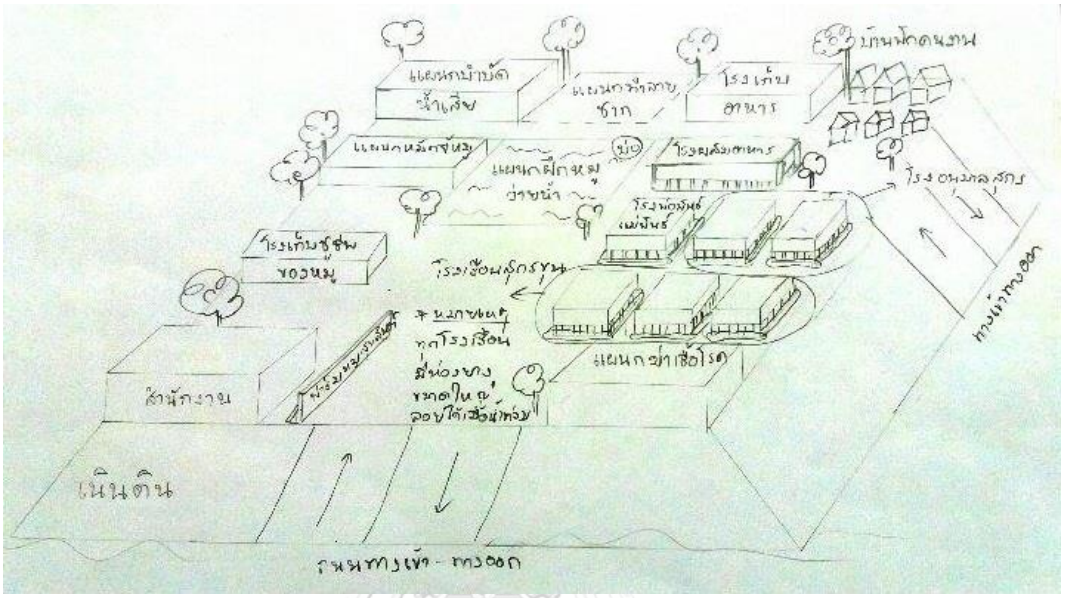
ด้านระบบนิเวศ – สัตว์กินพืชลดจำนวนลง สัตว์กินเนื้อลดจำนวนลง สัตว์ป่าไม่มีที่อยู่

ด้านระบบร่างกายและสุขภาพ – ขาดยาสมุนไพร ขาดแคลนยาที่มีส่วนผสมของพืช

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6. จงออกแบบฟาร์มเลี้ยงหมูเพื่อป้องกันสภาวะน้ำท่วม โดยวาดรูปพร้อมระบุชื่อแผนกหรือส่วนต่าง ๆ ของฟาร์มให้ได้จำนวนแผนกมากที่สุด *(นับจำนวนแผนกที่มีหน้าที่ไม่ซ้ำกัน: วัดความคิดยืดหยุ่นเต็ม 4 คะแนน และความคิดริเริ่มเต็ม 4 คะแนน รวม 8 คะแนน)*

ตัวอย่างคำตอบ



หมายเหตุ: 1. ความคิดยืนหยุ่นให้คะแนนจากการนับจำนวนแผนกที่มีหน้าที่สอดคล้องกับข้อคำถามและไม่ซ้ำกันภายในภาพ

2. ความคิดริเริ่มให้คะแนนจากการนับจำนวนคนที่ตอบแผนกที่แตกต่างจากคำตอบทั่วไปของนักเรียนทั้งห้องโดยใช้เกณฑ์ดังตารางเกณฑ์การให้คะแนนสำหรับการตอบแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ฉบับหลังเรียน

(ตัวอย่าง)

แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ฉบับนี้ เป็นแบบวัดประเภทอัตนัย จำนวน 6 ข้อ
2. ให้นักเรียนตอบคำถามให้แต่ละข้อโดยเขียนคำตอบในช่องว่างที่เว้นไว้ให้มีจำนวนมากที่สุด
3. เวลาที่ใช้ในการสอบทั้งหมด 45 นาที โดยมีรายละเอียดดังนี้

   3.3 ข้อ 1-4 จำกัดเวลา ข้อละ 3 นาที

   3.4 ข้อ 5-6 ให้ทำแบบวัดทั้งสองข้อภายในเวลา 33 นาที
4. อาจารย์ผู้คุมสอบจะเป็นผู้ให้สัญญาณหมดเวลาในการทำแบบวัดแต่ละข้อ เมื่อได้ยินสัญญาณแล้วให้หยุดทำทันที จากนั้นอาจารย์ผู้คุมสอบจะเก็บแบบวัดพร้อมทั้งแจกแบบวัดข้อถัดไป
5. ไม่อนุญาตให้นักเรียนเริ่มทำแบบวัดก่อนได้รับอนุญาต
6. นักเรียนจะได้คะแนนสูงเมื่อตอบคำตอบได้จำนวนมาก มีความสมเหตุผลสมผลสอดคล้องกับข้อคำถาม และเป็นคำตอบที่ใหม่หรือต่างแตกจากคำตอบของนักเรียนทั่วไป
7. โปรดเขียนชื่อและนามสกุลให้เรียบร้อยก่อนลงมือทำข้อสอบ
8. โปรดส่งแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ให้อาจารย์ผู้ควบคุมก่อนออกห้องสอบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

1. จงระบุแนวทางของการนำบีกเกอร์ไปใช้ประโยชน์ในปฏิบัติการชีววิทยาให้ได้จำนวนข้อมากที่สุด *(3 นาที: วัดความคิดคล่องเต็ม 4 คะแนน ความคิดยืดหยุ่นเต็ม 4 คะแนน และความคิดริเริ่มเต็ม 4 คะแนน รวม 12 คะแนน)*

ตัวอย่างคำตอบและกลุ่มคำตอบ

ด้านใช้บรรจุ – ใช้ในการตรวจสาร ใช้เทสาร ใช้ต้มสาร ใช้ผสมสาร ใช้ใส่ของร้อน/เย็น ใช้เก็บสารตัวอย่าง ใส่น้ำ ใช้ใส่สารละลาย ใช้ใส่สารเคมี ใส่อุปกรณ์ทางชีววิทยา ใส่ของแข็งที่ไม่ควรจับด้วยมือโดยตรง ใส่มีด ใส่วัตถุที่เป็นผง ใส่ไม่ขีด ใส่เนื้อสัตว์ ใช้ใส่สิ่งมีชีวิต ใส่ชิ้นส่วนของพืช

ด้านใช้ชั่งตวงวัด – ใช้วัดปริมาตรสาร ใช้ตวงสาร นำมาเทียบปริมาตรของสาร 2 ชนิด ใช้ชั่งน้ำหนักสารหรือวัตถุ

ด้านใช้ขยายพันธุ์สิ่งมีชีวิต – นำมาปลูกต้นถั่ว ใช้เพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อ เพาะพันธุ์พืชที่ไม่ได้ปลูกด้วยดินนำมาเลี้ยงเพาะพันธุ์ปลาใช้ในห้องแลป เพาะเลี้ยงไฮดรา

ด้านใช้ในการทดลอง – ใช้ทำการทดลอง ใช้สอบแลป ใช้ทดสอบไอระเหย ใช้สังเกตการตกตะกอนของเหลว ใช้ระเหยของเหลว ดูปฏิกิริยาที่ต้องใช้การหยดสาร ดูปริมาณการเกิดฟองแก๊ส เปรียบเทียบสีในบีกเกอร์ ใช้สังเกตพฤติกรรมสัตว์ ดูรูปร่างภายนอกของสิ่งมีชีวิต

ด้านใช้ตกแต่ง – ใช้ตกแต่งห้องแลป ใส่ต้นพลูด่างและตกแต่งให้ทั่วห้องแลป

ด้านใช้ครอบสาร – ใช้ครอบสารที่มีกลิ่น ใช้ครอบสารเพื่อให้เกิดการควบแน่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. จงคิดวิธีที่จะทำให้เก้าอี้ในห้องเรียนปฏิบัติการชีววิทยาดังรูป จำนวน 1 ตัว มีความน่าสนใจใช้ประโยชน์ได้มากขึ้นและมีความสวยงามได้อย่างไรบ้าง จงเขียนวิธีให้ได้มากที่สุด *(3 นาที: วัดความคิดคล่องเต็ม 4 คะแนน ความคิดยืดหยุ่นเต็ม 4 คะแนน และความคิดริเริ่มเต็ม 4 คะแนน รวม 12 คะแนน)*

ตัวอย่างคำตอบและกลุ่มคำตอบ

ด้านความสบายในการนั่ง – ทำพนักพิงหลัง เพิ่มเบาะนั่งบนไม้ เพิ่มที่วางแขน ติดเครื่องนวดก้น ติดพัดลมไว้เป่าขาด้านล่าง ทำให้มีที่พักขา ปรับให้ขาเท่ากันไม่กระดก

ด้านความสวยงามของเก้าอี้ – ติดสติ๊กเกอร์บนเก้าอี้สร้างความสวยงาม ทาสีให้ดูสดใหม่ ทาสีเขียวดูสดชื่น เพิ่มลวดลายให้สวยงาม ติดเทปกาวลายการ์ตูนเพื่อตกแต่ง ติดรูปสัตว์ชนิดต่างๆที่ขาเก้าอี้

ด้านรูปร่าง ลักษณะของเก้าอี้ – เสริมโต๊ะที่เก้าอี้ให้จดบันทึกได้ เปลี่ยนให้เก้าอี้ปรับขนาดได้ เสริมให้มีล้อ พับเก็บได้ ปรับวัสดุให้เบาและพกพาได้

ด้านการเก็บอุปกรณ์ – ทำลิ้นชักใต้เก้าอี้ มีช่องเก็บอุปกรณ์ด้านล่าง มีการใส่ของจำเป็นไว้ในใต้เก้าอี้ เช่น อุปกรณ์ปฐมพยาบาล มีอุปกรณ์การเรียนติดเก้าอี้ เพิ่มที่ใส่หลอดทดลอง

ด้านความสะอาด – ติดผ้าถูกพื้นไว้ที่กับล้อเก้าอี้ มีน้ำยาทำความสะอาดอยู่ในลิ้นชักใต้เก้าอี้ ติดถุงพลาสติกไว้ที่เก้าอี้ไว้ทิ้งขยะ

ด้านการบริหารจัดการห้องเรียน – ติดชื่อนักเรียนที่เก้าอี้แต่ละตัว มีป้ายสำหรับใส่ชื่อเจ้าของเก้าอี้ ใส่ปลอกขาเก้าอี้เพื่อไม่ให้มีเสียงดังเวลาเลื่อน ติดเลขที่ของนักเรียนที่เก้าอี้

ด้านความแข็งแรง – เปลี่ยนเป็นวัสดุที่คงทนขึ้น เพิ่มจำนวนขาเพื่อความมั่นคง เปลี่ยนวัสดุจากไม้เป็นหินอ่อน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. สมมติว่าในโลกไม่มีสัตว์กินพืช (herbivore) อีกต่อไป นักเรียนคิดว่าจะเกิดผลกระทบอย่างไรบ้าง จงเขียนคำตอบให้ได้จำนวนข้อมากที่สุด *(3 นาที: วัดความคิดคล่องเต็ม 4 คะแนน ความคิดยืดหยุ่นเต็ม 4 คะแนน และความคิดริเริ่มเต็ม 4 คะแนน รวม 12 คะแนน)*

ตัวอย่างคำตอบและกลุ่มคำตอบ

ด้านระบบนิเวศ – สัตว์กินเนื้อมีอาหารลดลง ทำให้วัฏจักรของวงจรชีวิตมีปัญหา พืชมีจำนวนเพิ่มมากขึ้น จำนวนสัตว์ผู้ล่าลดน้อยลง สัตว์บางชนิดมีที่อยู่เพิ่ม

ด้านความหลากหลาย/วิวัฒนาการ - สัตว์กินเนื้อหันมากินกันเอง สปีชีส์ของสัตว์ในโลกน้อยลง สัตว์ผู้ล่าหันมากินพืชแทน

ด้านการเกษตร – มีการใช้แรงงานจากสัตว์กินพืชน้อยลง ขาดแรงงานการทำนา ชาวนาไม่ต้องล้อมรั้วกั้นทุ่งนา ชาวนาชาวไร่ไม่ต้องกลัวช้างทำลายพืชสวนอีกต่อไป

ด้านเศรษฐกิจ – สวนสัตว์ได้รายได้น้อยลงเนื่องจากขาดสัตว์ประเภทกินพืช ตลาดค้าเนื้อวัวทำเงินไม่ได้ ไม่มีตลาดการซื้อขายงาช้าง คนนำทรัพยากรจากพืชไปใช้ประโยชน์มากขึ้น

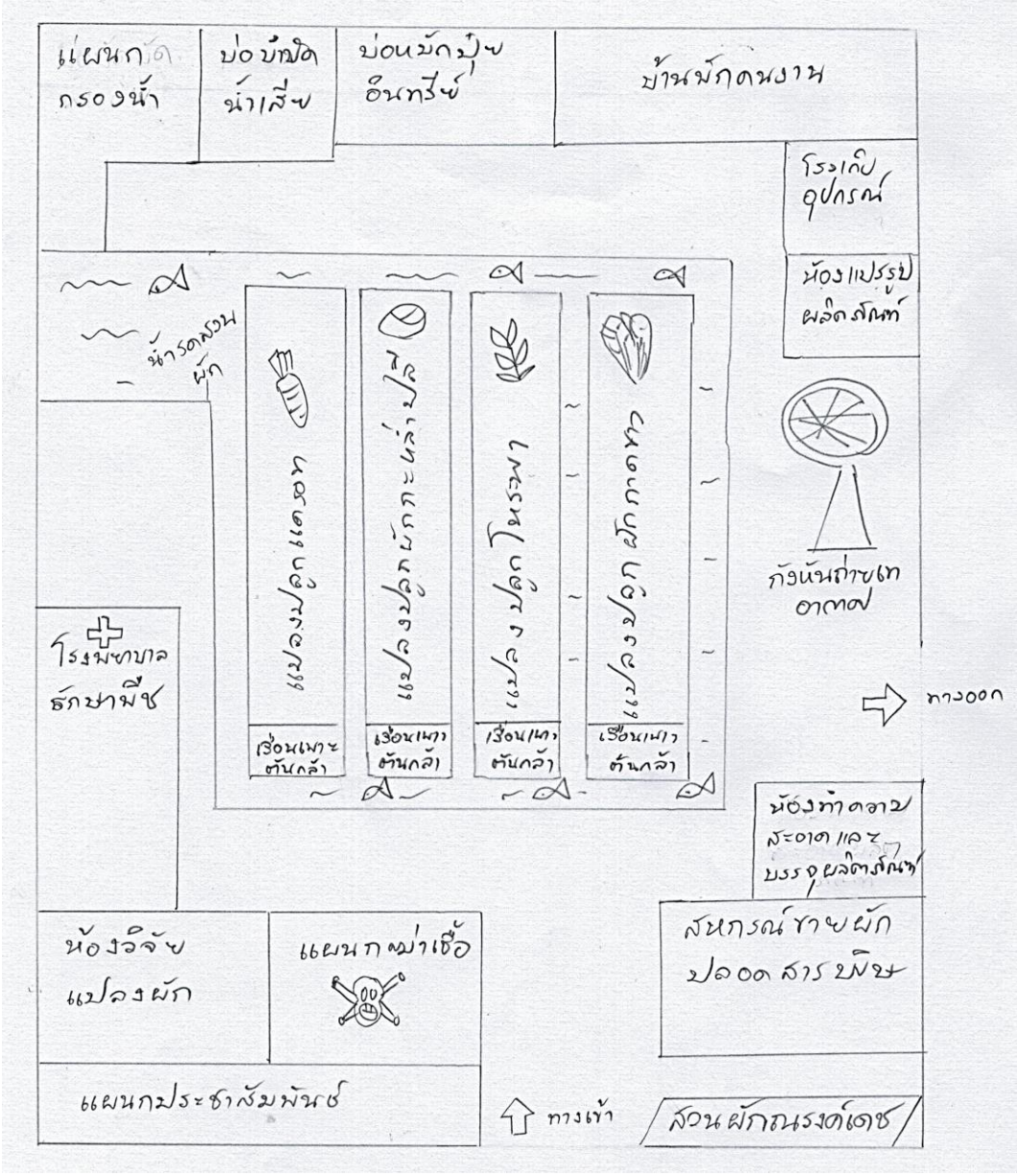
ด้านอาหาร – มนุษย์ขาดอาหารประเภทสัตว์กินพืช มนุษย์จะขาดสารอาหาร สัตว์ได้สารอาหารไม่ครบถ้วน คนหันมารับประทานผักมากขึ้น เนื้อจะขาดแคลน

ด้านสิ่งแวดล้อม – ได้พื้นที่ป่าเพิ่มมากขึ้น โลกมีปริมาณแก๊สออกซิเจนเพิ่มมากขึ้น พื้นที่ป่ามีความอุดมสมบูรณ์ อุณภูมิเฉลี่ยโลกลดลง สภาพแวดล้อมมีมลพิษน้อยลง มีการน้ำท่วมลดลงเพราะมีต้นไม้มากขึ้น โลกมีสีเขียนมากขึ้น คาร์บอนไดออกไซด์ในอากาศลดลง อากาศสดชื่นและเย็นขึ้น

ด้านสุขภาพ – สุขภาพของคนและสัตว์แย่ลงเนื่องจากอาหารที่กินเปลี่ยนไป ขาดพืชสมุนไพรในการรักษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

6. จงออกแบบสวนผักปลอดสารพิษที่จะสร้างในอีก 10 ปีข้างหน้าโดยวาดรูปพร้อมระบุชื่อแผนกหรือส่วนต่างๆของสวนผักให้ได้จำนวนแผนกมากที่สุด *(นับจำนวนแผนกที่มีหน้าที่ไม่ซ้ำกัน: วัดความคิดยืดหยุ่นเต็ม 4 คะแนน และความคิดริเริ่มเต็ม 4 คะแนน รวม 8 คะแนน)*



<u>หมายเหตุ</u>: 1. ความคิดยืนหยุ่นให้คะแนนจากการนับจำนวนแผนกที่มีหน้าที่สอดคล้องกับข้อคำถามและไม่ซ้ำกันภายในภาพ

2. ความคิดริเริ่มให้คะแนนจากการนับจำนวนคนที่ตอบแผนกที่แตกต่างจากคำตอบทั่วไปของนักเรียนทั้งห้องโดยใช้เกณฑ์ดังตารางเกณฑ์การให้คะแนนสำหรับการตอบแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 6.1 เกณฑ์การให้คะแนนแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

(Aktamis et al., 2005; Torrance, 1992)

องค์ประกอบ	คะแนน	เกณฑ์การให้คะแนน	ระดับความสามารถ
ความคิดคล่อง จำนวน 4 ข้อ (ข้อ 1-4)	4 ข้อ ข้อละ 4 คะแนน รวม 16 คะแนน	ให้คะแนนคำตอบที่สอดคล้องกับข้อคำถามและเป็นคำตอบที่ไม่ซ้ำกัน กำหนดเวลา 3 นาที มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ 1. คำตอบ 10 คำตอบขึ้นไป ได้ 4 คะแนน 2. คำตอบ 7-9 คำตอบ ได้ 3 คะแนน 3. คำตอบ 4-6 คำตอบ ได้ 2 คะแนน 4. คำตอบ 1-3 คำตอบ ได้ 1 คะแนน	ดีมาก ดี พอใช้ ควรปรับปรุง
ความคิดยืดหยุ่น จำนวน 6 ข้อ (ข้อ 1-6)	6 ข้อ ข้อละ 4 คะแนน รวม 24 คะแนน	ให้คะแนนกลุ่มของคำตอบที่สอดคล้องกับข้อคำถามและมีแนวทางเดียวกัน มีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ 1. กลุ่มคำตอบ 6 กลุ่มขึ้นไป ได้ 4 คะแนน 2. กลุ่มคำตอบ 4-5 กลุ่ม ได้ 3 คะแนน 3. กลุ่มคำตอบ 2-3 กลุ่ม ได้ 2 คะแนน 4. กลุ่มคำตอบ 1 กลุ่ม ได้ 1 คะแนน	ดีมาก ดี พอใช้ ควรปรับปรุง
ความคิดริเริ่ม จำนวน 6 ข้อ (ข้อ 1-6)	6 ข้อ ข้อละ 4 คะแนน รวม 24 คะแนน	ให้คะแนนคำตอบที่สอดคล้องกับข้อคำถามและมีความแตกต่างจากคำตอบทั่วไปของนักเรียนทั้งห้อง โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้ 1. คำตอบที่มีผู้ตอบ 1 คน ได้ 4 คะแนน 2. คำตอบที่มีผู้ตอบ 2-3 คน ได้ 3 คะแนน 3. คำตอบที่มีผู้ตอบ 4-6 คน ได้ 2 คะแนน 4. คำตอบที่มีผู้ตอบตั้งแต่ 7 คนขึ้นไป ได้ 1 คะแนน	ดีมาก ดี พอใช้ ควรปรับปรุง
รวมทั้งฉบับ	64 คะแนน		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนจากแบบวัดความสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ฉบับหลังเรียน

รายละเอียดของตัวอย่างลักษณะคำตอบที่แสดงถึงความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์หลังการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษาในระดับความสามารถต่าง ๆ พิจารณาจากการวิเคราะห์ความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ใน 3 ประเด็นดังนี้ (1) การวิเคราะห์ความคิดคล่อง (2) การวิเคระห์ความคิดยืดหยุ่น (3) การวิเคระห์ความคิดริเริ่ม ดังนี้

1) การวิเคราะห์ความคิดคล่อง

องค์ประกอบความคิดคล่อง หมายถึง ความสามารถในการคิดตำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์ได้จำนวนมากในเวลาที่จำกัด ดังนั้นในการวิเคราะห์ความคิดคล่องของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษาจำนวน 19 คน จะพิจารณาจากจำนวนคำตอบที่สอดคล้องกับข้อคำถามหรือสถานการณ์และต้องเป็นคำตอบที่ไม่ซ้ำ

จากการพิจารณาคำตอบองค์ประกอบความคิดคล่องจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ฉบับหลังเรียน พบว่า มีนักเรียนทั้งหมด 3 ระดับความสามารถ ได้แก่ ระดับดีมาก ระดับดี และระดับพอใช้ โดยมีตัวอย่างคำตอบดังต่อไปนี้

ความคิดคล่องระดับดีมาก คือ นักเรียนสามารถคิดคำตอบที่สอดคล้องกับข้อคำถามและเป็นคำตอบที่ไม่ซ้ำได้ภายในกำหนดเวลา จำนวน 10 คำตอบขึ้นไป ผลการวิเคราะห์ความคิดคล่องภายหลังเรียนของนักเรียน พบว่า มีนักเรียนจำนวน 2 คน ที่มีความคิดคล่องในระดับดีมาก คิดเป็นร้อยละ 10.53 ตัวอย่างคำตอบแสดงดังต่อไปนี้

> *“1. พืชมีจำนวนมากขึ้น 2. Canivore กินกันเอง 3. O_2 มากขึ้น 4. Omnivore มีอาหารกินมากขึ้น 5. Omnivore ถูก Carnivore กินมากขึ้น 6. CO_2 น้อยลง 7. ปรากฏการณ์เรือนกระจกน้อยลง 8. คนขาดโปรตีนจากนม 9. โลกเย็นขึ้น 10. Omnivore เริ่มวิวัฒนาการเป็น Herbivore”* (นักเรียนคนที่ 19)

จากข้อความข้างต้น แสดงให้เห็นว่า นักเรียนสามารถคิดคำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์หรือข้อคำถามได้ตั้งแต่จำนวน 10 คำตอบขึ้นไป โดยกรณีนี้นักเรียนสามารถคาดคะเนผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นหากโลกไม่มีสัตว์กินพืชอีกต่อไปได้ทั้งหมด 10 คำตอบและเป็นคำตอบที่ไม่ซ้ำกันภายในกำหนดเวลา

ความคิดคล่องระดับดี คือ นักเรียนสามารถคิดคำตอบที่สอดคล้องกับข้อคำถามและเป็นคำตอบที่ไม่ซ้ำได้ภายในกำหนดเวลา จำนวน 7-9 คำตอบขึ้นไป ผลการวิเคราะห์ความคิดคล่องภายหลังเรียนของนักเรียน พบว่า มีนักเรียนจำนวน 7 คน ที่มีความคิดคล่องในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 36.84 ตัวอย่างคำตอบแสดงดังต่อไปนี้

“1. ใส่ล้อให้หมุนได้ 2. ติดเบาะรองนั่ง 3. เพิ่มสีสันให้ดูโมเดิล 4. ออกแบบให้ใช้วัสดุน้ำหนักเบา 5. สามารถพับเก็บได้ 6. เบาะสามารถให้ความอบอุ่นได้ 7. มีที่พิงหลัง 8. ตรงที่นั่งมีลักษณะเว้าๆตามก้นให้นั่งสบาย”

(นักเรียนคนที่ 13)

จากข้อความข้างต้น แสดงให้เห็นว่า นักเรียนสามารถคิดคำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์หรือข้อคำถามได้จำนวน 7-9 คำตอบ โดยกรณีนี้นักเรียนสามารถคิดวิธีที่จะทำให้เก้าอี้ในห้องเรียนปฏิบัติการชีววิทยาดังรูปมีความน่าสนใจ ใช้ประโยชน์และมีความสวยงามมากขึ้นได้ทั้งหมด 8 คำตอบและเป็นคำตอบที่ไม่ซ้ำกันภายในกำหนดเวลา

ความคิดคล่องระดับพอใช้ คือ นักเรียนสามารถคิดคำตอบที่สอดคล้องกับข้อคำถามและเป็นคำตอบที่ไม่ซ้ำได้ภายในกำหนดเวลา จำนวน 4-6 คำตอบขึ้นไป ผลการวิเคราะห์ความคิดคล่องภายหลังเรียนของนักเรียน พบว่า มีนักเรียนจำนวน 10 คน ที่มีความคิดคล่องในระดับพอใช้ คิดเป็นร้อยละ 52.63 ตัวอย่างคำตอบแสดงดังต่อไปนี้

“1. ใส่สาร 2. เทสารไปภาชนะอื่น 3. ผสมสาร 4. ใช้หมัก 5. ปลูกถั่วงอก” (นักเรียนคนที่ 7)

จากข้อความข้างต้น แสดงให้เห็นว่า นักเรียนสามารถคิดคำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์หรือข้อคำถามได้จำนวน 4-6 คำตอบ โดยกรณีนี้นักเรียนสามารถระบุประโยชน์ของบีกเกอร์ที่ใช้ในปฏิบัติการชีววิทยาได้ทั้งหมด 5 คำตอบและเป็นคำตอบที่ไม่ซ้ำกันภายในกำหนดเวลา

2) การวิเคราะห์ความคิดยืดหยุ่น

องค์ประกอบความคิดยืดหยุ่น หมายถึง ความสามารถในการคิดตำตอบที่มีความหลากหลายของหมวดหมู่ หรือมีหลากหลายแนวทางและสอดคล้องกับสถานการณ์ ดังนั้นในการวิเคราะห์ความคิดยืดหยุ่นของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะ

ตีมศึกษาจำนวน 19 คน จะพิจารณาจากจำนวนกลุ่มคำตอบ หมวดหมู่หรือแนวทางของคำตอบที่สอดคล้องกับข้อคำถามหรือสถานการณ์และต้องเป็นคำตอบที่ไม่ซ้ำ

จากการพิจารณาคำตอบองค์ประกอบความคิดยืดหยุ่นจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ฉบับหลังเรียน พบว่า มีนักเรียนทั้งหมด 3 ระดับความสามารถ ได้แก่ ระดับดีมาก ระดับดี และระดับพอใช้ โดยมีตัวอย่างคำตอบดังต่อไปนี้

ความคิดยืดหยุ่นระดับดีมาก คือ นักเรียนสามารถคิดคำตอบที่มีความหลากหลายของหมวดหมู่ หรือมีหลายแนวทางและสอดคล้องกับข้อคำถามโดยคำตอบต้องไม่ซ้ำ จำนวน 6 กลุ่มคำตอบขึ้นไป ผลการวิเคราะห์ความคิดยืดหยุ่นภายหลังเรียนของนักเรียน พบว่า มีนักเรียนจำนวน 3 คน ที่มีความคิดยืดหยุ่นในระดับดีมาก คิดเป็นร้อยละ 15.79 ตัวอย่างคำตอบแสดงดังต่อไปนี้

กลุ่ม 1 ด้านที่อยู่ของพืช → *"1. ถ้านำมาเลี้ยงในพื้นที่ที่มีความชื้นสูงจะมีการปรับตัวอย่างไร*

กลุ่ม 2 ด้านความหลากหลายของพืช → *2. มีชนิดที่มีพิษไหม*, *3. สามารถนำไปทำยารักษาอะไรได้บ้าง*

กลุ่ม 3 ด้านประโยชน์ของพืช → *4. สามารถนำไปทำอาหารได้ไหม*

กลุ่ม 4 ด้านระบบการทำงาน → *5. มีช่วงเวลาปฏิสนธินานเท่าใด*

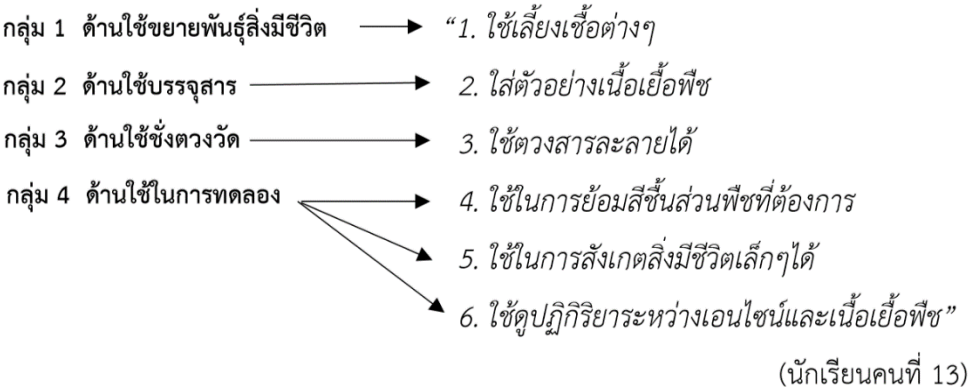
กลุ่ม 5 ด้านพฤติกรรมของพืช → *6. ดอกจะบานช่วงไหน*, *7. ถ้าโดนคุกคามจะมีการปรับตัวอย่างไร*

กลุ่ม 6 ด้านความสัมพันธ์และระบบนิเวศ → *8. สัตว์ชนิดใดที่กินพืชชนิดนี้บ้าง*, *9. สามารถเป็นรังให้สัตว์ตัวเล็กๆได้หรือไม่"* (นักเรียนคนที่ 19)

แผนภาพที่ 6.1 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความคิดยืดหยุ่นระดับดีมาก

จากแผนภาพที่ 6.1 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนสามารถคิดคำตอบที่มีหลากหลายหมวดหมู่และสอดคล้องกับข้อคำถามได้ตั้งแต่จำนวน 6 กลุ่มคำตอบขึ้นไป โดยกรณีนี้นักเรียนสามารถตั้งคำถามที่ต้องการศึกษาพืชได้ทั้งหมด 9 คำตอบที่สอดคล้องกับข้อคำถามและไม่ซ้ำ โดยสามารถจับกลุ่มคำตอบได้ทั้งหมด 6 กลุ่ม ได้แก่ (1) ด้านที่อยู่ของพืช (2) ด้านความหลากหลายของพืช (3) ด้านประโยชน์ของพืช (4) ด้านระบบการทำงานของพืช (5) ด้านพฤติกรรมของพืช และ (6) ด้านความสัมพันธ์และระบบนิเวศ

ความคิดยืดหยุ่นระดับดี คือ นักเรียนสามารถคิดคำตอบที่มีความหลากหลายของหมวดหมู่ หรือมีหลายแนวทางและสอดคล้องกับข้อคำถามโดยคำตอบต้องไม่ซ้ำ จำนวน 4-5 กลุ่มคำตอบ ผลการวิเคราะห์ความคิดยืดหยุ่นภายหลังเรียนของนักเรียน พบว่า มีนักเรียนจำนวน 13 คน ที่มีความคิดยืดหยุ่นในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 68.42 ตัวอย่างคำตอบแสดงดังต่อไปนี้

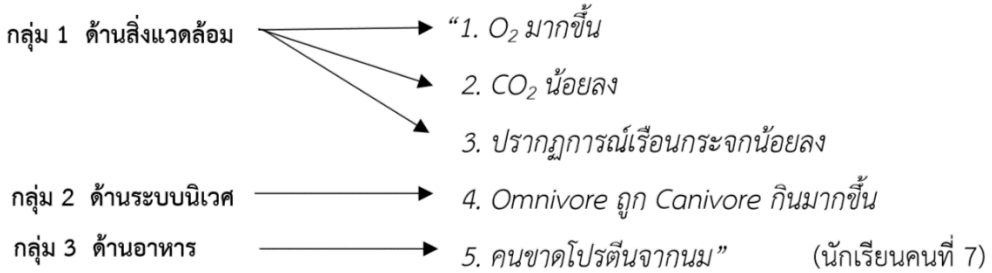


(นักเรียนคนที่ 13)

แผนภาพที่ 6.2 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความคิดยืดหยุ่นระดับดี

จากแผนภาพที่ 6.2 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนสามารถคิดคำตอบที่มีหลากหลายหมวดหมู่และสอดคล้องกับข้อคำถามได้ตั้งแต่จำนวน 4-5 กลุ่มคำตอบ โดยกรณีนี้นักเรียนสามารถระบุประโยชน์ของบีกเกอร์ที่ใช้ในปฏิบัติการชีววิทยาได้ทั้งหมด 6 คำตอบที่สอดคล้องกับข้อคำถามและไม่ซ้ำ โดยสามารถจับกลุ่มคำตอบได้ทั้งหมด 4 กลุ่ม ได้แก่ (1) ด้านใช้ขยายพันธุ์สิ่งมีชีวิต (2) ด้านใช้บรรจุสาร (3) ด้านใช้ชั่งตวงวัด และ (4) ด้านใช้ในการทดลอง

ความคิดยืดหยุ่นระดับพอใช้ คือ นักเรียนสามารถคิดคำตอบที่มีความหลากหลายของหมวดหมู่ หรือมีหลายแนวทางและสอดคล้องกับข้อคำถามโดยคำตอบต้องไม่ซ้ำ จำนวน 2-3 กลุ่มคำตอบ ผลการวิเคราะห์ความคิดยืดหยุ่นภายหลังเรียนของนักเรียน พบว่า มีนักเรียนจำนวน 3 คน ที่มีความคิดยืดหยุ่นในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 15.79 ตัวอย่างคำตอบแสดงดังต่อไปนี้



(นักเรียนคนที่ 7)

แผนภาพที่ 6.3 ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่มีความคิดยืดหยุ่นระดับพอใช้

จากแผนภาพที่ 6.3 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนสามารถคิดคำตอบที่มีหลากหลายหมวดหมู่และสอดคล้องกับข้อคำถามได้จำนวน 2-3 กลุ่มคำตอบ โดยกรณีนี้นักเรียนสามารถคาดคะเนผลกระทบที่อาจจะเกิดขึ้นหากโลกไม่มีสัตว์กินพืชอีกต่อไปได้ทั้งหมด 6 คำตอบที่สอดคล้องกับข้อคำถามและไม่ซ้ำ โดยสามารถจับกลุ่มคำตอบได้ทั้งหมด 3 กลุ่ม ได้แก่ (1) ด้านสิ่งแวดล้อม (2) ด้านระบบนิเวศ (3) และด้านอาหาร

3) การวิเคราะห์ความคิดริเริ่ม

องค์ประกอบความคิดริเริ่ม หมายถึง ความสามารถในการคิดตำตอบที่แปลกใหม่มีความโดดเด่นและสอดคล้องกับสถานการณ์หรือข้อคำถาม ดังนั้นในการวิเคราะห์ความคิดริเริ่มของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษาจำนวน 19 คน จะพิจารณาจากจำนวนนักเรียนที่ตอบคำตอบซ้ำกัน โดยคำตอบนั้นต้องเป็นคำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์หรือข้อคำถามเท่านั้น

จากการพิจารณาคำตอบองค์ประกอบความคิดริเริ่มจากแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ฉบับหลังเรียน พบว่า มีนักเรียนทั้งหมด 2 ระดับความสามารถ ได้แก่ ระดับดีมากและระดับดี โดยมีตัวอย่างคำตอบจากการคิดวิธีที่จะทำให้เก้าอี้ในห้องเรียนปฏิบัติการชีววิทยาดังรูปให้มีความน่าสนใจ ใช้ประโยชน์และมีความสวยงามมากขึ้น ดังต่อไปนี้

ความคิดริเริ่มระดับดีมาก คือ นักเรียนที่สามารถคิดคำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์ได้โดยไม่ซ้ำกับผู้ใดอื่นในชั้นเรียน ผลการวิเคราะห์ความคิดริเริ่มภายหลังเรียนของนักเรียน พบว่า มีนักเรียนจำนวน 3 คน ที่มีความคิดริเริ่มในระดับดีมาก คิดเป็นร้อยละ 15.79 ตัวอย่างคำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์และมีนักเรียนตอบเพียง 1 คน มีดังต่อไปนี้

“ทำเป็นถังขยะใต้เก้าอี้” (นักเรียนคนที่ 19)

“ควั่เก้าอี้และใส่ถุงดำทำเป็นถังขยะ” (นักเรียนคนที่ 4)

“ติดสปริงให้นั่งสบายขึ้น” (นักเรียนคนที่ 5)

ความคิดริเริ่มระดับดี คือ นักเรียนที่สามารถคิดคำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์ได้โดยคำตอบนั้นมีผู้ตอบซ้ำจำนวน 2-3 คน ผลการวิเคราะห์ความคิดริเริ่มภายหลังเรียนของนักเรียนพบว่า มีนักเรียนจำนวน 16 คน ที่มีความคิดริเริ่มในระดับดี คิดเป็นร้อยละ 84.21 ตัวอย่างคำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์และมีนักเรียนตอบเพียง 2-3 คน มีดังต่อไปนี้

“ทำเป็นเก้าอี้ที่ปรับความสูงได้” (นักเรียนคนที่ 5 และ 1)

“ทำที่วางขาเป็นไม้ยื่นออกมา” (นักเรียนคนที่ 4, 6 และ 3)

“ติดเบาะให้มีขนาดใหญ่ขึ้นเพิ่มพื้นที่ในการนั่ง” (นักเรียนคนที่ 11, 12 และ 15)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการ – แบบประเมินการออกแบบผลงาน

(ประเมินจากแบบบันทึกกิจกรรมสำหรับสถานการณ์)

ประเด็นการประเมิน	ระดับและเกณฑ์การให้คะแนน			
	ดีมาก – 4 คะแนน	**ดี – 3 คะแนน**	**พอใช้ – 2 คะแนน**	**ควรปรับปรุง - 1 คะแนน**
1. ความคิดคล่อง	นักเรียนมีจำนวนคำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์และข้อคำถาม 10 คำตอบขึ้นไป	นักเรียนมีจำนวนคำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์และ ข้อคำถาม 7-9 คำตอบ	นักเรียนมีจำนวนคำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์และ ข้อคำถาม 4-6 คำตอบ	นักเรียนมีจำนวนคำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์และข้อคำถาม 1-3 คำตอบ
2. ความคิดยืดหยุ่น	นักเรียนแสดงคำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์และข้อคำถาม ตั้งแต่ 3 แนวทางขึ้นไป พร้อมคำอธิบายครบทุกแนวทาง	นักเรียนแสดงคำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์และข้อคำถาม ตั้งแต่ 3 แนวทางขึ้นไป แต่มีคำอธิบายไม่ครบทุกแนวทาง หรือ แสดงคำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์และข้อคำถาม 2 แนวทาง พร้อมคำอธิบายครบทุกแนวทาง	นักเรียนแสดงคำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์และข้อคำถาม 2 แนวทาง แต่มีคำอธิบายไม่ครบทุกแนวทาง หรือ แสดงคำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์และข้อคำถาม 1 แนวทาง พร้อมคำอธิบาย	นักเรียนแสดงคำตอบที่สอดคล้องกับสถานการณ์และข้อคำถาม 1 แนวทาง แต่ไม่มีคำอธิบาย
3. ความคิดริเริ่ม	คำตอบของนักเรียนสอดคล้องกับสถานการณ์แปลกแตกต่างจากต้นแบบและเป็นคำตอบที่ไม่ซ้ำกับผู้ใดในชั้นเรียน	คำตอบของนักเรียน สอดคล้องกับสถานการณ์ มีบางองค์ประกอบแตกต่างจากต้นแบบ และเป็นคำตอบที่มีผู้ตอบไม่เกินร้อยละ 50 ของจำนวนคำตอบทั้งหมดในชั้นเรียน	คำตอบของนักเรียน สอดคล้องกับสถานการณ์ มีบางองค์ประกอบแตกต่างจากต้นแบบ และเป็นคำตอบที่มีผู้ตอบมากกว่าร้อยละ 50 ของจำนวนคำตอบทั้งหมดในชั้นเรียน	คำตอบของนักเรียน สอดคล้องกับสถานการณ์ และเป็นคำตอบที่ เห็นได้โดยทั่วไปเหมือนต้นแบบทุกประการ

แบบบันทึกกิจกรรมสำหรับสถานการณ์

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การเจริญเติบโตของสัตว์

ชื่อ-นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

จงอ่านสถานการณ์ดังต่อไปนี้และตอบคำถาม ข้อ 1-3

“กรมส่งเสริมการเกษตร ได้รับการร้องทุกข์จากเกษตรกรผู้เลี้ยงไก่รายย่อยจำนวนมากว่าผลผลิตของไก่ที่ฟักด้วยวิธีธรรมชาติได้ผลผลิตที่ไม่ดีเท่าที่ควรและไม่สามารถผลิตได้ทันต่อความต้องการของตลาด ทางเกษตรกรจึงร้องขอความช่วยเหลือกับกรมส่งเสริมการเกษตรให้ช่วยผลิตเครื่องฟักไข่แก่เกษตรกรผู้มีปัญหา พร้อมชี้แจงวิธีการใช้”

จากสถานการณ์ดังกล่าวหากนักเรียนเป็นวิศวกรการเกษตร ที่ทำงานในกรมส่งเสริมการเกษตร นักเรียนจะออกแบบเครื่องฟักไข่และเลือกใช้อุปกรณ์เพื่อแก้ปัญหาอย่างไร ระบุเหตุผลว่าเครื่องฟักไข่ที่ออกแบบมีความปลอดภัยต่อการเจริญเติบโตของไก่อย่างไร พร้อมแสดงรูปตัวอย่างการเจริญเติบโตของไก่ที่จะฟักได้จากเครื่องฟักไข่ตามระยะเวลาเพื่อให้เกษตรกรได้เข้าใจและใช้เครื่องฟักไข่อย่างถูกวิธี

1. จากสถานการณ์นักเรียนคิดว่า การที่ผลผลิตของไก่ที่ฟักด้วยวิธีธรรมชาติได้ผลผลิตที่ไม่ดีเท่าที่ควรมีสาเหตุมาจากอะไรได้บ้าง จงตอบเป็นข้อโดยเขียนจำนวนคำตอบให้ได้มากที่สุด (2 นาที) *(ประเมินความคิดคล่อง)*

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. จากสถานการณ์หากนักเรียนเป็นวิศวกรการเกษตร จงออกแบบเครื่องฟักไข่ให้ได้จำนวนวิธีมากที่สุด พร้อมเขียนคำอธิบายการออกแบบวิธีการในแต่ละข้อ *(ประเมินความคิดยืดหยุ่น)*

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

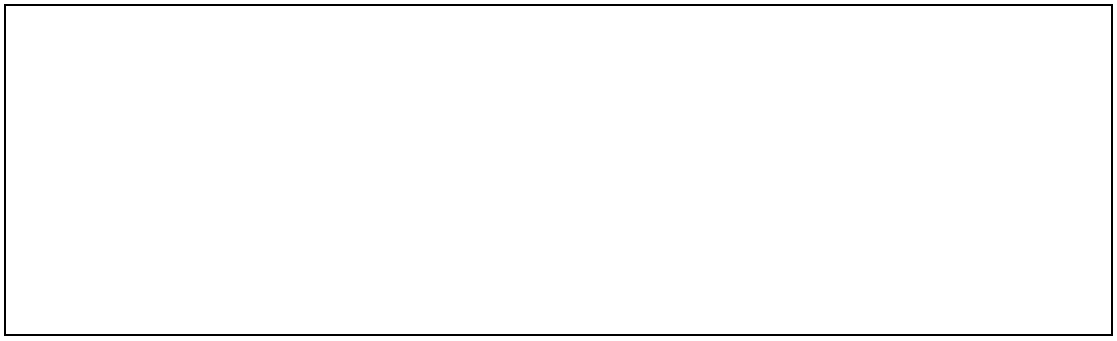
.....

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

3. จงเลือกวิธีการออกแบบเครื่องฟักไข่ที่คิดว่าดีที่สุดจากคำถามข้อ 2 มา 1 วิธี และนำมาวาดออกแบบและอธิบายรายละเอียดให้ชัดเจน พร้อมแสดงรูปตัวอย่างการเจริญเติบโตของไก่ที่จะฟักได้จากเครื่องฟักไข่ตามระยะเวลาเพื่อนำเสนอให้เกษตรกรได้เข้าใจและได้เรียนรู้การใช้เครื่องฟักอย่างถูกวิธี *(ประเมินความคิดริเริ่ม)*

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปภาพแสดงตัวอย่างการเจริญเติบโตของไก่ที่จะฟักได้จากเครื่องฟักไข่ที่ออกแบบตามระยะเวลา



แบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการ – แบบประเมินผลงานการออกแบบเครื่องฟักไข่ | **ประเมินนักเรียนคนที่.....**

ประเด็นการประเมิน	ระดับและเกณฑ์การให้คะแนน			
	ดีมาก - 4	**ดี - 3**	**พอใช้ - 2**	**ควรปรับปรุง - 1**
1. ลักษณะและรายละเอียดของผลงาน	- ผลงานมีลักษณะครบ 4 ประการ ดังนี้ 1. เลือกวัสดุที่คำนึงถึงความปลอดภัยต่อการเจริญเติบโตของไก่ 2. ระบุและอธิบายส่วนประกอบต่างๆ 3. ระบุขนาดของเครื่องฟักไข่ 4. แบบเป็นภาพ 3 มิติ	- ผลงานมีลักษณะ 3 ใน 4 ประการ ดังนี้ 1. เลือกใช้วัสดุในการออกแบบที่คำนึงถึงความปลอดภัยต่อการเจริญเติบโตของไก่ 2. ระบุองค์ประกอบหรืออธิบายส่วนต่างๆ 3. ระบุขนาดของเครื่องฟักไข่ 4. แบบเป็นภาพ 3 มิติ	- ผลงานมีลักษณะ 2 ใน 4 ประการ ดังนี้ 1. เลือกใช้วัสดุในการออกแบบที่คำนึงถึงความปลอดภัยต่อการเจริญเติบโตของไก่ 2. ระบุองค์ประกอบหรืออธิบายส่วนต่างๆ 3. ระบุขนาดของเครื่องฟักไข่ 4. แบบเป็นภาพ 3 มิติ	- ผลงานมีลักษณะ 1 ใน 4 ประการ ดังนี้ 1. เลือกใช้วัสดุในการออกแบบที่คำนึงถึงความปลอดภัยต่อการเจริญเติบโตของไก่ 2. ระบุองค์ประกอบหรืออธิบายส่วนต่างๆ 3. ระบุขนาดของเครื่องฟักไข่ 4. แบบเป็นภาพ 3 มิติ
2. คุณสมบัติของผลงาน	- ผลงานมีคุณสมบัติครบ 4 ประการ ดังนี้ 1. มีอากาศไหลเวียนตลอดเวลา 2. ควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมได้ 3. ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ได้ 4. เครื่องฟักไข่สามารถกลับไข่ได้	- ผลงานมีคุณสมบัติ 3 ใน 4 ประการ ดังนี้ 1. มีอากาศไหลเวียนตลอดเวลา 2. ควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมได้ 3. ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ได้ 4. เครื่องฟักไข่สามารถกลับไข่ได้	- ผลงานมีคุณสมบัติ 2 ใน 4 ประการ ดังนี้ 1. มีอากาศไหลเวียนตลอดเวลา 2. ควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมได้ 3. ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ได้ 4. เครื่องฟักไข่สามารถกลับไข่ได้	- ผลงานมีคุณสมบัติ 1 ใน 4 ประการ ดังนี้ 1. มีอากาศไหลเวียนตลอดเวลา 2. ควบคุมอุณหภูมิให้เหมาะสมได้ 3. ควบคุมความชื้นสัมพัทธ์ได้ 4. เครื่องฟักไข่สามารถกลับไข่ได้
3. การนำเสนอผลงาน	- นำเสนอได้ครบทั้ง 4 ประการ ดังนี้ 1. จุดเด่นหรือประโยชน์ของเครื่องฟักไข่ 2. คุณสมบัติของเครื่องฟักไข่ที่ออกแบบ 3. ขนาดและวิธีการใช้เครื่องฟักไข่ 4. สามารถตอบคำถามได้ทั้งหมด	- นำเสนอได้ 3 ใน 4 ประการ ดังนี้ 1. จุดเด่นหรือประโยชน์ของเครื่องฟักไข่ 2. คุณสมบัติของเครื่องฟักไข่ที่ออกแบบ 3. ขนาดและวิธีการใช้เครื่องฟักไข่ 4. สามารถตอบข้อสงสัยได้ทั้งหมด	- นำเสนอได้ 2 ใน 4 ประการ ดังนี้ 1. จุดเด่นหรือประโยชน์ของเครื่องฟักไข่ 2. คุณสมบัติของเครื่องฟักไข่ที่ออกแบบ 3. ขนาดและวิธีการใช้เครื่องฟักไข่ 4. สามารถตอบข้อสงสัยได้ทั้งหมด	- นำเสนอได้ 1 ใน 4 ประการ ดังนี้ 1. จุดเด่นหรือประโยชน์ของเครื่องฟักไข่ 2. คุณสมบัติของเครื่องฟักไข่ที่ออกแบบ 3. ขนาดและวิธีการใช้เครื่องฟักไข่ 4. สามารถตอบข้อสงสัยได้ทั้งหมด
4. ความคิดริเริ่ม	- ผลงานมีความแปลกแตกต่างจากต้นแบบและไม่ซ้ำกับผลงานของผู้ใดในชั้นเรียน	- ผลงานมีบางส่วนที่แตกต่างจากต้นแบบและซ้ำกับผลงานของผู้อื่นในชั้นเรียน<u>ไม่เกิน</u>ร้อยละ 50 ของจำนวนผลงานทั้งหมดในชั้นเรียน	- ผลงานมีบางส่วนแตกต่างจากต้นแบบและซ้ำกับผลงานของผู้อื่นในชั้นเรียน<u>มากกว่า</u>ร้อยละ 50 ของจำนวนผลงานทั้งหมดในชั้นเรียน	- ผลงานนักเรียนไม่แตกต่างจากต้นแบบ

(ตัวอย่าง)

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาฉบับนี้ มีจำนวน 40 ข้อ ใช้เกณฑ์ตอบถูกได้ 1 คะแนน ตอบผิดไม่ได้คะแนน รวมคะแนนเต็มคิดเป็น 40 คะแนน
2. ข้อคำถามในแบบทดสอบทุกข้อเป็นแบบเลือกตอบหลายตัวเลือก ข้อละ 4 ตัวเลือก คือ 1. 2. 3. และ 4. ให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียง 1 คำตอบ แล้วทำเครื่องหมาย X ลงในกระดาษคำตอบที่แนบมากับแบบทดสอบ
3. กรุณาอย่าทำเครื่องหมาย สัญลักษณ์ หรือขีดเขียนข้อความใดๆ ลงในแบบทดสอบ
4. ไม่อนุญาตให้นักเรียนเริ่มทำแบบประเมินก่อนได้รับอนุญาต
5. โปรดเขียนชื่อและนามสกุลให้เรียบร้อยก่อนลงมือทำข้อสอบ
6. โปรดส่งแบบทดสอบและกระดาษคำตอบให้อาจารย์ผู้ควบคุมก่อนออกห้องสอบ
7. เวลาที่ใช้ในการสอบทั้งหมด 30 นาที

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

10. คนไข้ที่ถูกตัดถุงน้ำดี **ไม่ควร**รับประทานอาหารในข้อใด

ก. ขาหมูพะโล้

ข. ผัดผักรวมมิตร

ค. ไข่ต้ม

1. ก. และ ข.
2. ข. และ ค.
3. ก. และ ค.
4. ก. ข. และ ค.

(ผลการเรียนรู้ ข้อ 1.4 ด้านการนำไปใช้)

11. ปฏิกิริยาไกลโคไลซิส วัฏจักรเครบส์ และการถ่ายทอดอิเล็กตรอน เกิดขึ้นที่บริเวณใดตามลำดับ

1. เมทริกซ์ของไมโทคอนเดรีย ไซโทซอล และเยื่อหุ้มชั้นในของไมโทคอนเดรีย
2. ไซโทซอล เมทริกซ์ของไมโทคอนเดรีย และเยื่อหุ้มชั้นในของไมโทคอนเดรีย
3. ไซโทซอล เยื่อหุ้มชั้นในของไมโทคอนเดรีย และเมทริกซ์ของไมโทคอนเดรีย
4. ไซโทซอล เยื่อหุ้มชั้นในของไมโทคอนเดรีย และเยื่อหุ้มชั้นนอกของไมโทคอนเดรีย

(ผลการเรียนรู้ ข้อ 2.1 ด้านความรู้ความจำ)

13. ปัจจัยในข้อใด**ไม่ส่งผล**ต่อพลังงานที่ได้จากการสลายสารอาหารระดับเซลล์

1. ชนิดของตัวรับส่งอิเล็กตรอน NAD^+ และ FAD
2. ปริมาณแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เซลล์ผลิตได้
3. ปริมาณ glucose ที่ถูกดูดซึมเก็บสะสมเอาไว้ในเซลล์
4. ปริมาณของ mitochondria ภายในเซลล์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

(ผลการเรียนรู้ ข้อ 2.1 ด้านความเข้าใจ)

17. การสลายกลูโคสในสภาวะที่ไม่มีออกซิเจนของยีสต์และเซลล์กล้ามเนื้อเหมือนกันตามข้อใด

1. ผลิตแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ได้จำนวนโมเลกุลเท่ากัน
2. มีขั้นตอนของกระบวนการไกลโคไลซิสที่เหมือนกัน
3. เกิดในสิ่งมีชีวิตกลุ่มโพรคาริโอตเหมือนกัน
4. ผลลัพธ์สุดท้ายที่ได้จากการหมักมีจำนวนคาร์บอนอะตอมเท่ากัน

(ผลการเรียนรู้ ข้อ 2.3 ด้านความเข้าใจ)

จงใช้ข้อมูลดังต่อไปนี้ตอบคำถามข้อที่ 18-19

นักเรียนกลุ่มหนึ่งได้ทำการทดลองหมักยีสต์กับน้ำผลไม้ชนิดต่าง ๆ โดยน้ำผลไม้ในแต่ละหลอดจะมีการปิดจุกยางและต่อสายยางเข้ากับอีกหลอดทดลองหนึ่งที่มีสารละลายบรอมไทมอลบูลซึ่งสามารถตรวจสอบความเป็นกรดเบส ได้ดังนี้ หากสารละลายบรอมไทมอลบูลมีสีน้ำเงินแสดงว่ามีความเป็นเบสสูง แต่หากมีสีเหลืองแสดงว่ามีความเป็นกรดสูง โดยนักเรียนได้บันทึกผลการทดลองในตารางต่อไปนี้

ตารางแสดงผลการทดลองการหมักของยีสต์กับน้ำผลไม้ชนิดต่าง ๆ

ชนิดของน้ำ	สีของสารละลายบรอมไทมอลบูล		กลิ่นของน้ำผลไม้หลังผ่านการหมัก 10 นาที
	ก่อนการหมัก	หลังการหมัก 10 นาที	
หลอดที่ 1: น้ำสับปะรด+ยีสต์	สีฟ้า-น้ำเงิน	สีเหลือง	มีกลิ่นฉุนคล้ายเหล้า
หลอดที่ 2: น้ำเสาวรส+ยีสต์	สีฟ้า-น้ำเงิน	สีฟ้าอ่อน	มีกลิ่นฉุนคล้ายไวน์
หลอดที่ 3: น้ำเปล่า+ยีสต์	สีฟ้า-น้ำเงิน	สีฟ้า-น้ำเงิน	ไม่มีกลิ่นฉุนใด ๆ

18. จากข้อมูลข้างต้นข้อใดแปลความได้**<u>ไม่ถูกต้อง</u>**

1. ผลผลิตจากการหมักน้ำผลไม้ทั้ง 2 ชนิดมีแอลกอฮอล์เกิดขึ้น
2. <u>ปริมาณน้ำตาลที่เหลือในหลอดที่ 1 ที่ปริมาณเท่ากับหลอดที่ 2</u>
3. ไม่เกิดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์หรือแอลกอฮอล์ในหลอดทดลองที่ 3
4. แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่ได้จากหลอดที่ 2 มีปริมาณน้อยกว่าหลอดที่ 1

(ผลการเรียนรู้ ข้อ 2.3 ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

19. หากการทดลองนี้เพิ่มเวลาในการหมักเป็น 20 นาที นักเรียนคาดว่าเหตุการณ์ใด**เป็นไปไม่ได้มากที่สุด**

1. สารละลายบรอมไทมอลบูลในหลอดทดลองที่ 1 ยังเป็นสีเหลืองเช่นเดียวกับเมื่อ 10 นาทีแรก
2. สารละลายบรอมไทมอลบูลใดหลอดทดลองที่ 2 เปลี่ยนจากสีฟ้าอ่อนใน 10 นาทีแรกเป็นสีเหลืองอ่อน
3. สีของสารละลายบรอมไทมอลบูลใดหลอดทดลองที่ 2 ไม่แตกต่างจากสีใน 10 นาทีแรก
4. สารละลายบรอมไทมอลบูลในหลอดทดลองที่ 1 เปลี่ยนสีจากสีเหลืองใน 10 นาทีแรกเป็นใสไม่มีสี

(ผลการเรียนรู้ ข้อ 2.3 ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์)

22. ข้อใดเรียงลำดับทางเดินของอสุจิจากหลอดสร้างอสุจิจนออกนอกร่างกายได้ถูกต้อง

1. หลอดสร้างอสุจิ หลอดเก็บอสุจิ หลอดนำอสุจิ ต่อมลูกหมาก ท่อปัสสาวะ
2. หลอดสร้างอสุจิ ต่อมคาวเปอร์ ต่อมลูกหมาก หลอดเก็บอสุจิ ท่อปัสสาวะ
3. หลอดสร้างอสุจิ ต่อมลูกหมาก ต่อมคาวเปอร์ ต่อมสร้างน้ำเลี้ยงอสุจิ ท่อปัสสาวะ
4. หลอดสร้างอสุจิ ต่อมสร้างน้ำเลี้ยงอสุจิ หลอดเก็บอสุจิ ต่อมคาวเปอร์ ท่อปัสสาวะ

(ผลการเรียนรู้ ข้อ 3.2 ด้านความรู้ความจำ)

29. ปัญหาภาวะมีบุตรยากของคู่แต่งงานในข้อใด**ไม่สามารถ**ใช้วิธีการ Gamete Intra Fallopian Transfer (GIFT) ได้

1. อสุจิมีปริมาณน้อยเกินไป
2. ท่อทางผ่านของอสุจิตีบตัน
3. ความเป็นกรดในช่องคลอดสูง
4. ท่อนำไข่ตีบตันหรือมีผนังกั้น

(ผลการเรียนรู้ ข้อ 3.4 ด้านความเข้าใจ)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

34. ชัยยศกำลังวางแผนทำฟาร์มเลี้ยงไก่ของตนเอง ปัจจัยในข้อใดที่ส่งผลต่อการเจริญของไก่ในฟาร์ม **น้อยที่สุด**

1. อุณหภูมิเฉลี่ยของฟาร์มไก่
2. ความชื้นสัมพัทธ์ในฟาร์มไก่
3. อากาศถ่ายเทภายในฟาร์มไก่
4. ขนาดความกว้างของฟาร์มไก่

(ผลการเรียนรู้ ข้อ 4.1 ด้านการนำไปใช้)

35. จากข้อ 34 ถ้าชัยยศมีความคิดจะซื้อเครื่องฟักไข่มาใช้แทนการฟักไข่เองโดยวิธีธรรมชาติ เครื่องฟักไข่ที่ซื้อควรมีคุณสมบัติดังนี้ **ยกเว้น**ข้อใด

1. หมุนกลับไข่ได้เพื่อไม่ให้ตัวอ่อนติดกับเปลือกไข่
2. มีอากาศถ่ายเทได้สะดวก
3. ควบคุมระดับความชื้นสัมพัทธ์ได้
4. ควรปรับให้มีอุณหภูมิต่ำกว่าอุณหภูมิเฉลี่ยของฟาร์มเสมอ

(ผลการเรียนรู้ ข้อ 4.1 ด้านการนำไปใช้)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ง
คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

1. คุณภาพของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์
2. คุณภาพของแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการ
   2.1 คุณภาพของแบบประเมินการออกแบบผลงาน
   2.2 คุณภาพของแบบประเมินผลงาน
3. คุณภาพของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. คุณภาพของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 6.2 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ฉบับก่อนเรียน

ข้อที่	ค่าความยาก	ค่าอำนาจจำแนก	ความหมาย
1	0.40	0.53	ความยากพอเหมาะ จำแนกได้ดีมาก
2	0.52	0.54	ความยากพอเหมาะ จำแนกได้ดีมาก
3	0.51	0.62	ความยากพอเหมาะ จำแนกได้ดีมาก
4	0.57	0.54	ความยากพอเหมาะ จำแนกได้ดีมาก
5	0.55	0.60	ความยากพอเหมาะ จำแนกได้ดีมาก
6	0.72	0.32	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้ดีพอสมควร

ตารางที่ 6.3 ค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์ ฉบับหลังเรียน

ข้อที่	ค่าความยาก	ค่าอำนาจจำแนก	ความหมาย
1	0.57	0.29	ความยากพอเหมาะ จำแนกได้พอใช้
2	0.64	0.46	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้ดีมาก
3	0.57	0.39	ความยากพอเหมาะ จำแนกได้ดีพอสมควร
4	0.60	0.31	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้ดีพอสมควร
5	0.53	0.34	ความยากพอเหมาะ จำแนกได้ดีพอสมควร
6	0.66	0.38	ค่อนข้างง่าย จำแนกได้ดีพอสมควร

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.4 ผลการตรวจสอบความสอดคล้องของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์รายข้อ

ข้อที่	หัวข้อ	IOC ก่อนเรียน	IOC หลังเรียน	ความหมาย
1	วัดความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม			
	1.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	0.33*	1	*ปรับแก้ไขแล้ว
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	1	สอดคล้อง
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเวลาที่ใช้	1	0.67	สอดคล้อง
	1.4 ข้อคำถามสามารถใช้เป็นแบบวัดคู่ขนานกับแบบวัดก่อนเรียนได้	-	1	สอดคล้อง
2	วัดความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม			
	2.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	1	สอดคล้อง
	2.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.67	1	สอดคล้อง
	2.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเวลาที่ใช้	1	1	สอดคล้อง
	2.4 ข้อคำถามสามารถใช้เป็นแบบวัดคู่ขนานกับแบบวัดก่อนเรียนได้	-	0.67	สอดคล้อง
3	วัดความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม			
	3.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	0.67	1	สอดคล้อง
	3.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	1	สอดคล้อง
	3.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเวลาที่ใช้	0.67	1	สอดคล้อง
	3.4 ข้อคำถามสามารถใช้เป็นแบบวัดคู่ขนานกับแบบวัดก่อนเรียนได้	-	1	สอดคล้อง
4	วัดความคิดคล่อง ความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม			
	4.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	1	สอดคล้อง
	4.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	1	สอดคล้อง
	4.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเวลาที่ใช้	1	1	สอดคล้อง
	4.4 ข้อคำถามสามารถใช้เป็นแบบวัดคู่ขนานกับแบบวัดก่อนเรียนได้	-	0.67	สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่	หัวข้อ	IOC ก่อนเรียน	IOC หลังเรียน	ความหมาย
5	วัดความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม			
	5.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	0.67	1	สอดคล้อง
	5.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.67	1	สอดคล้อง
	5.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเวลาที่ใช้	1	1	สอดคล้อง
	5.4 ข้อคำถามสามารถใช้เป็นแบบวัดคู่ขนานกับแบบวัดก่อนเรียนได้	-	0.67	สอดคล้อง
6	วัดความคิดยืดหยุ่นและความคิดริเริ่ม			
	6.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	1	สอดคล้อง
	6.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	1	สอดคล้อง
	6.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเวลาที่ใช้	0.67	0.67	สอดคล้อง
	6.4 ข้อคำถามสามารถใช้เป็นแบบวัดคู่ขนานกับแบบวัดก่อนเรียนได้	-	0.67	สอดคล้อง

ตารางที่ 6.5 ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินของแบบวัดความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์

ผู้ประเมิน	ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน		ความหมาย
	ฉบับก่อนเรียน	ฉบับหลังเรียน	
ระหว่างผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 1 และคนที่ 2	0.95	0.96	มีคุณภาพ
ระหว่างผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 1 และผู้วิจัย	0.96	0.98	มีคุณภาพ
ระหว่างผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 2 และผู้วิจัย	0.99	0.99	มีคุณภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2. คุณภาพของแบบประเมินความคิดสร้างสรรค์ทางวิทยาศาสตร์เชิงปฏิบัติการ

2.1 คุณภาพของแบบประเมินการออกแบบผลงาน

ตารางที่ 6.6 ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบประเมินการออกแบบผลงาน

ประเด็นที่	หัวข้อ	IOC	ความหมาย
1	ประเมินความคิดคล่อง		
	1.1 ความสอดคล้องของเกณฑ์การให้คะแนนกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	1.2 ความชัดเจนของเกณฑ์การให้คะแนน	1	สอดคล้อง
	1.3 การใช้ภาษาของเกณฑ์การให้คะแนน	1	สอดคล้อง
2	ประเมินความคิดยืดหยุ่น		
	2.1 ความสอดคล้องของเกณฑ์การให้คะแนนกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	2.2 ความชัดเจนของเกณฑ์การให้คะแนน	1	สอดคล้อง
	2.3 การใช้ภาษาของเกณฑ์การให้คะแนน	1	สอดคล้อง
3	ประเมินความคิดริเริ่ม		
	3.1 ความสอดคล้องของเกณฑ์การให้คะแนนกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	3.2 ความชัดเจนของเกณฑ์การให้คะแนน	0.67	สอดคล้อง
	3.3 การใช้ภาษาของเกณฑ์การให้คะแนน	1	สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 6.7 ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินของแบบประเมินการออกแบบผลงาน

ความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน	ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน	ความหมาย
ระหว่างผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 1 และคนที่ 2	0.99	มีคุณภาพ
ระหว่างผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 1 และผู้วิจัย	0.91	มีคุณภาพ
ระหว่างผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 2 และผู้วิจัย	0.93	มีคุณภาพ

2.2 คุณภาพของแบบประเมินผลงาน

ตารางที่ 6.8 ผลตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบประเมินผลงานการออกแบบเครื่องฟักไข่

ประเด็นที่	หัวข้อ	IOC	หมายเหตุ
1	ประเมินแบบของเครื่องฟักไข่		
	1.1 ความสอดคล้องของเกณฑ์การให้คะแนนกับประเด็นหรือพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	1.2 ความชัดเจนของเกณฑ์การให้คะแนน	1	สอดคล้อง
	1.3 การใช้ภาษาของเกณฑ์การให้คะแนน	1	สอดคล้อง
2	ประเมินคุณสมบัติของเครื่องฟักไข่		
	2.1 ความสอดคล้องของเกณฑ์การให้คะแนนกับประเด็นหรือพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.67	สอดคล้อง
	2.2 ความชัดเจนของเกณฑ์การให้คะแนน	1	สอดคล้อง
	2.3 การใช้ภาษาของเกณฑ์การให้คะแนน	1	สอดคล้อง
3	ประเมินการนำเสนอผลงาน		
	3.1 ความสอดคล้องของเกณฑ์การให้คะแนนกับประเด็นหรือพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	3.2 ความชัดเจนของเกณฑ์การให้คะแนน	1	สอดคล้อง
	3.3 การใช้ภาษาของเกณฑ์การให้คะแนน	1	สอดคล้อง
4	ประเมินความคิดริเริ่ม		
	4.1 ความสอดคล้องของเกณฑ์การให้คะแนนกับประเด็นหรือพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	4.2 ความชัดเจนของเกณฑ์การให้คะแนน	1	สอดคล้อง
	4.3 การใช้ภาษาของเกณฑ์การให้คะแนน	1	สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 6.9 ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินของแบบประเมินผลงาน

ความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน	ค่าดัชนีความสอดคล้อง	ความหมาย
ระหว่างผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 1 และคนที่ 2	0.89	มีคุณภาพ
ระหว่างผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 1 และผู้วิจัย	0.88	มีคุณภาพ
ระหว่างผู้ทรงคุณวุฒิคนที่ 2 และผู้วิจัย	0.86	มีคุณภาพ

4. คุณภาพของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

ตารางที่ 6.10 แสดงค่าความยากและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

ข้อที่	ค่าความยาก	ค่าอำนาจจำแนก	ความหมาย	
1	0.80	0.20	ง่ายมาก	จำแนกได้พอใช้
2	0.80	0.40	ง่ายมาก	จำแนกได้ดีมาก
3	0.76	0.60	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้ดีมาก
4	0.80	0.20	ง่ายมาก	จำแนกได้พอใช้
5	0.67	0.20	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้พอใช้
6	0.76	0.20	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้พอใช้
7	0.20	0.20	ง่ายมาก	จำแนกได้พอใช้
8	0.80	0.40	ง่ายมาก	จำแนกได้ดีมาก
9	0.76	0.20	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้พอใช้
10	0.80	0.20	ง่ายมาก	จำแนกได้พอใช้
11	0.80	0.20	ง่ายมาก	จำแนกได้พอใช้
12	0.80	0.40	ง่ายมาก	จำแนกได้ดีมาก
13	0.76	0.20	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้พอใช้
14	0.80	0.20	ง่ายมาก	จำแนกได้พอใช้
15	0.80	0.20	ง่ายมาก	จำแนกได้พอใช้
16	0.80	0.20	ง่ายมาก	จำแนกได้พอใช้
17	0.71	0.40	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้ดีมาก
18	0.78	0.40	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้ดีมาก
19	0.64	0.40	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้ดีมาก
20	0.80	0.20	ง่ายมาก	จำแนกได้พอใช้
21	0.80	0.20	ง่ายมาก	จำแนกได้พอใช้
22	0.80	0.20	ง่ายมาก	จำแนกได้พอใช้
23	0.80	0.20	ง่ายมาก	จำแนกได้พอใช้
24	0.36	0.60	ค่อยข้างยาก	จำแนกได้ดีมาก
25	0.76	0.20	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้พอใช้
26	0.67	0.40	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้ดีมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อที่	ค่าความยาก	ค่าอำนาจจำแนก	ความหมาย	
27	0.50	0.20	ความยากพอเหมาะ	จำแนกได้พอใช้
28	0.80	0.20	ง่ายมาก	จำแนกได้พอใช้
29	0.71	0.60	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้ดีมาก
30	0.80	0.20	ง่ายมาก	จำแนกได้พอใช้
31	0.80	0.20	ง่ายมาก	จำแนกได้พอใช้
32	0.33	0.40	ค่อนข้างยาก	จำแนกได้ดีมาก
33	0.80	0.40	ง่ายมาก	จำแนกได้ดีมาก
34	0.80	0.20	ง่ายมาก	จำแนกได้พอใช้
35	0.73	0.60	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้ดีมาก
36	0.80	0.20	ง่ายมาก	จำแนกได้พอใช้
37	0.48	0.80	ความยากพอเหมาะ	จำแนกได้ดีมาก
38	0.69	0.40	ค่อนข้างง่าย	จำแนกได้ดีมาก
39	0.55	0.60	ความยากพอเหมาะ	จำแนกได้ดีมาก
40	0.80	0.40	ง่ายมาก	จำแนกได้ดีมาก

ตารางที่ 6.11 ผลการตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยารายข้อ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อที่	หัวข้อ	IOC	ความหมาย
1	ผลการเรียนรู้ ข้อ 1.1 ด้านความรู้ความจำ		
	1.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	1.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	1.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
2	ผลการเรียนรู้ ข้อ 1.2 ด้านความเข้าใจ		
	2.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	2.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	2.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
3	ผลการเรียนรู้ ข้อ 1.2 ด้านความเข้าใจ		
	3.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง

ข้อที่	หัวข้อ	IOC	ความหมาย
	3.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	3.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
4	ผลการเรียนรู้ ข้อ 1.3 ด้านความรู้ความจำ		
	4.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	4.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	4.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
5	ผลการเรียนรู้ ข้อ 1.3 ด้านความเข้าใจ		
	5.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	0.33*	*ปรับแก้ไขแล้ว
	5.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.67	สอดคล้อง
	5.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	0.33*	*ปรับแก้ไขแล้ว
6	ผลการเรียนรู้ ข้อ 1.3 ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์		
	6.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	6.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	6.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
7	ผลการเรียนรู้ ข้อ 1.3 ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์		
	7.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	0.67	สอดคล้อง
	7.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	7.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	0.67	สอดคล้อง
8	ผลการเรียนรู้ ข้อ 1.3 ด้านการนำไปใช้		
	8.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	8.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	8.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
9	ผลการเรียนรู้ ข้อ 1.4 ด้านการนำไปใช้		
	9.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	9.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	9.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
10	ผลการเรียนรู้ ข้อ 1.4 ด้านการนำไปใช้		
	10.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อที่	หัวข้อ	IOC	ความหมาย
	10.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	10.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
11	ผลการเรียนรู้ ข้อ 2.1 ด้านความรู้ความจำ		
	11.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	11.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	11.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
12	ผลการเรียนรู้ ข้อ 2.1 ด้านความรู้ความจำ		
	12.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	12.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	12.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
13	ผลการเรียนรู้ ข้อ 2.1 ด้านความเข้าใจ		
	13.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	13.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	13.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
14	ผลการเรียนรู้ ข้อ 2.2 ด้านความเข้าใจ		
	14.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	14.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	14.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
15	ผลการเรียนรู้ ข้อ 2.2 ด้านการนำไปใช้		
	15.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	15.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	15.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
16	ผลการเรียนรู้ ข้อ 2.2 ด้านการนำไปใช้		
	16.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	16.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	16.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
17	ผลการเรียนรู้ ข้อ 2.3 ด้านความเข้าใจ		
	17.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	17.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

ข้อที่	หัวข้อ	IOC	ความหมาย
	17.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
18	ผลการเรียนรู้ ข้อ 2.3 ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์		
	18.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	18.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	18.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
19	ผลการเรียนรู้ ข้อ 2.3 ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์		
	19.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	19.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	19.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
20	ผลการเรียนรู้ ข้อ 2.3 ด้านการนำไปใช้		
	20.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	20.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	20.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
21	ผลการเรียนรู้ ข้อ 3.1 ด้านความรู้ความจำ		
	21.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	21.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	21.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
22	ผลการเรียนรู้ ข้อ 3.2 ด้านความรู้ความจำ		
	22.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	22.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	22.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
23	ผลการเรียนรู้ ข้อ 3.2 ด้านความเข้าใจ		
	23.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	0.67	สอดคล้อง
	23.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.33*	*ปรับแก้ไขแล้ว
	23.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	0.67	สอดคล้อง
24	ผลการเรียนรู้ ข้อ 3.3 ด้านความเข้าใจ		
	24.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	24.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	24.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อที่	หัวข้อ	IOC	ความหมาย
25	ผลการเรียนรู้ ข้อ 3.3 ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์		
	25.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	25.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.67	สอดคล้อง
	25.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
26	ผลการเรียนรู้ ข้อ 3.3 ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์		
	26.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	26.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	26.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
27	ผลการเรียนรู้ ข้อ 3.3 ด้านการนำไปใช้		
	27.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	0.33*	*ปรับแก้ไขแล้ว
	27.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	27.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	0.33*	*ปรับแก้ไขแล้ว
28	ผลการเรียนรู้ ข้อ 3.3 ด้านการนำไปใช้		
	28.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	28.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	28.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
29	ผลการเรียนรู้ ข้อ 3.4 ด้านความเข้าใจ		
	29.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	29.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	29.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
30	ผลการเรียนรู้ ข้อ 3.4 ด้านการนำไปใช้		
	30.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	0.67	สอดคล้อง
	30.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.67	สอดคล้อง
	30.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	0.67	สอดคล้อง
31	ผลการเรียนรู้ ข้อ 4.1 ด้านความรู้ความจำ		
	31.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	31.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	31.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
32	ผลการเรียนรู้ ข้อ 4.1 ด้านความเข้าใจ		

ข้อที่	หัวข้อ	IOC	ความหมาย
	32.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	32.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	32.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
33	ผลการเรียนรู้ ข้อ 4.1 ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์		
	33.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	33.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	33.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
34	ผลการเรียนรู้ ข้อ 4.1 ด้านการนำไปใช้		
	34.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	34.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	34.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
35	ผลการเรียนรู้ ข้อ 4.1 ด้านการนำไปใช้		
	35.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	35.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	35.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
36	ผลการเรียนรู้ ข้อ 4.2 ด้านความรู้ความจำ		
	36.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	36.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.67	สอดคล้อง
	36.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
37	ผลการเรียนรู้ ข้อ 4.2 ด้านความเข้าใจ		
	37.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	0.33*	*ปรับแก้ไขแล้ว
	37.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	37.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	0.33*	*ปรับแก้ไขแล้ว
38	ผลการเรียนรู้ ข้อ 4.2 ด้านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์		
	38.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	38.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	38.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง
39	ผลการเรียนรู้ ข้อ 4.3 ด้านความเข้าใจ		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ข้อที่	หัวข้อ	IOC	ความหมาย
	39.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	0.67	สอดคล้อง
	39.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	0.67	สอดคล้อง
	39.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	0.67	สอดคล้อง
40	ผลการเรียนรู้ ข้อ 4.3 ด้านการนำไปใช้		
	40.1 ความชัดเจนของข้อคำถาม	1	สอดคล้อง
	40.2 ความสอดคล้องกับพฤติกรรมที่ต้องการวัด	1	สอดคล้อง
	40.3 ความเหมาะสมของข้อคำถามกับเนื้อหา	1	สอดคล้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก จ

ภาพกิจกรรมการเรียนการสอน

ตัวอย่างภาพกิจกรรมการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตัวอย่างภาพกิจกรรมการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษา

แผนภาพที่ 6.4 นักเรียนสืบค้นและอภิปรายข้อมูลหลังจากวิเคราะห์สถานการณ์ร่วมกัน

แผนภาพที่ 6.5 นักเรียนลงมือสร้างผลงานของกลุ่มตนเองหลังจากทำการออกแบบผลงานเสร็จสิ้น

แผนภาพที่ 6.6 นักเรียนกำลังนำเสนอชิ้นงานของกลุ่มตนเอง ตอบข้อสงสัย และรับฟังข้อเสนอแนะจากเพื่อนร่วมชั้นเพื่อปรับปรุงผลงาน

แผนภาพที่ 6.7 นักเรียนสรุปข้อเสนอแนะที่ตนเองได้รับและแนวทางปรับปรุงแก้ไขที่จะนำไปปรับปรุงผลงานให้ดีขึ้น

ภาคผนวก ฉ

ตัวอย่างผลงานนักเรียน

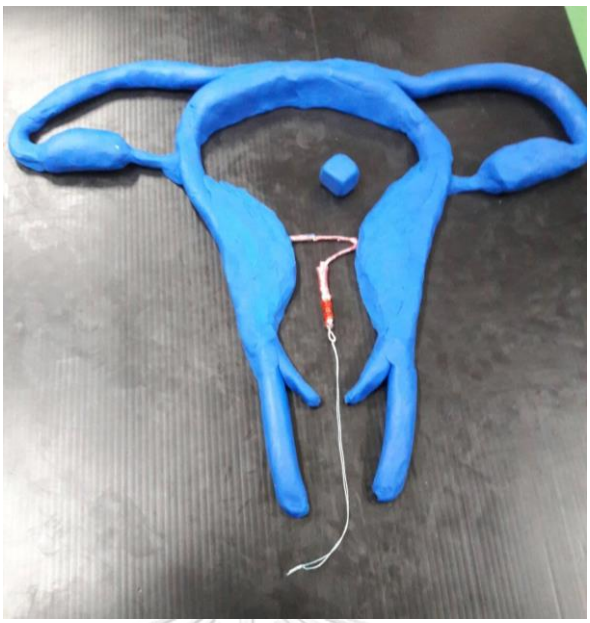
ตัวอย่างผลงานนักเรียนจากกิจกรรมการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

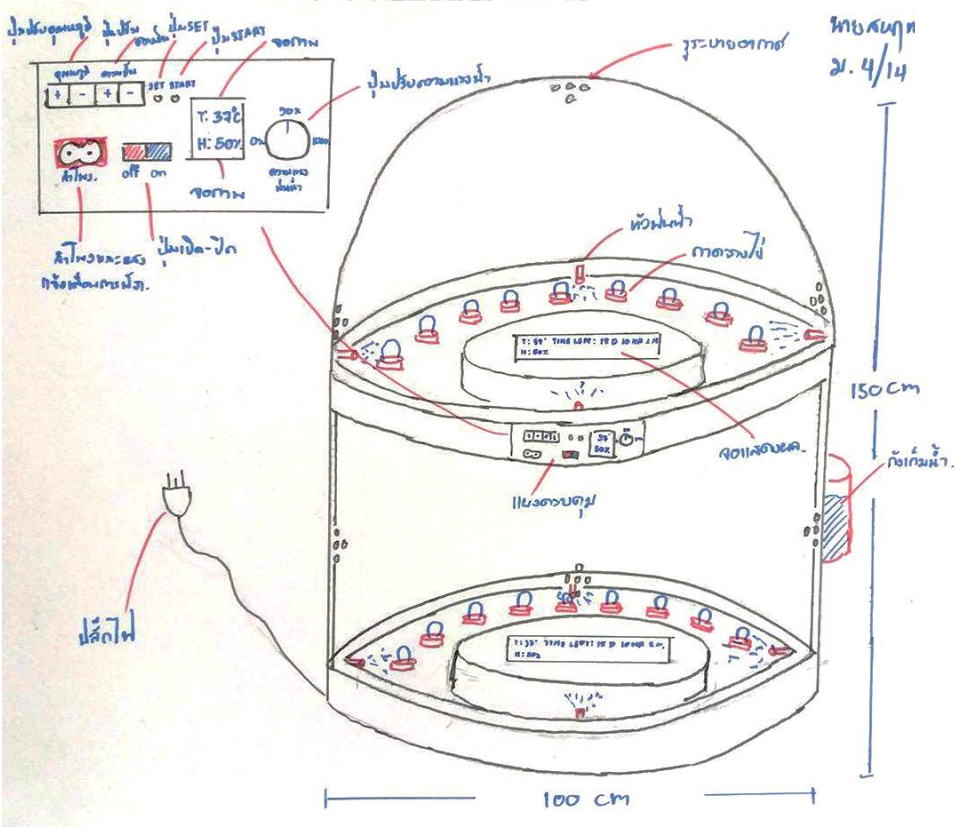
ตัวอย่างผลงานนักเรียนจากกิจกรรมการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะตีมศึกษา

แผนภาพที่ 6.8 ตัวอย่างผลงานอุปกรณ์การส่องตรวจลำไส้ใหญ่ด้วยกล้องที่นักเรียนจัดทำในหน่วยการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง ระบบย่อยอาหาร

แผนภาพที่ 6.9 ตัวอย่างผลงานการอบขนมปังที่นักเรียนจัดทำในหน่วยการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การสลายอาหารระดับเซลล์



แผนภาพที่ 6.10 ตัวอย่างผลงานห่วงอนามัยที่นักเรียนจัดทำในหน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การสืบพันธุ์



แผนภาพที่ 6.11 ตัวอย่างผลงานเครื่องฟักไข่ที่นักเรียนจัดทำในหน่วยการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง การเจริญเติบโตของสัตว์

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นางสาวสมรัก อินทวิมลศรี เกิดเมื่อวันที่ 5 มกราคม พ.ศ.2534 ที่กรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตรบัณฑิต สาขาวิชานิเวศวิทยาและวิวัฒนาการชีววิทยา (Ecology and Evolutionary Biology) ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ (College of Natural and Heath Sciences) มหาวิทยาลัยนอร์ทเทินโคโลราโด (University of Northern Colorado) รัฐโคโลราโด ประเทศสหรัฐอเมริกา ในปีการศึกษา 2557 และเข้าศึกษาต่อในระดับปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2558 ระหว่างศึกษาได้รับทุนจากโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ระยะที่ 3 ประจำปีการศึกษา 2558 จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University