

ผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและ
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย

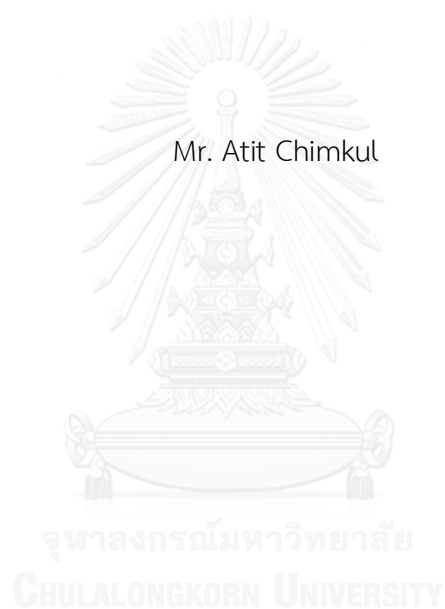


บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

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 2559
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF BIOLOGY LEARNING MANAGEMENT BASED ON
STEM EDUCATION APPROACH ON PROBLEM-SOLVING
ABILITY AND BIOLOGY LEARNING ACHIEVEMENT OF UPPER
SECONDARY SCHOOL STUDENTS



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 2016

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	ผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอน ปลาย
โดย	นายอาทิตย์ ฉิมกุล
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	อาจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม	อาจารย์ ดร.นิพาดา เรือนแก้ว ดิษยทัต

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่ง
ของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

.....คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุขชีวะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

.....ประธานกรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(อาจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี)

.....อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม
(อาจารย์ ดร.นิพาดา เรือนแก้ว ดิษยทัต)

.....กรรมการ
(อาจารย์ ดร.สายรุ้ง ชาวสุภา)

อาทิศย์ ฉิมกุล : ผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (EFFECTS OF BIOLOGY LEARNING MANAGEMENT BASED ON STEM EDUCATION APPROACH ON PROBLEM-SOLVING ABILITY AND BIOLOGY LEARNING ACHIEVEMENT OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อ. ดร.สกลรัชต์ แก้วดี, อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม: อ. ดร.นิพาดา เรือนแก้ว ดิษยทัต, 147 หน้า.

การวิจัยครั้งนี้เป็นแบบศึกษากลุ่มเดียววัดสองครั้ง มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) วิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนหลังเรียนรู้อชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 2) เปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนก่อนและหลังเรียนรู้อชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และ 3) วิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนหลังเรียนรู้อชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษากลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง เขตวังทองหลาง จังหวัดกรุงเทพมหานคร จำนวน 42 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ (1) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียน (2) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียน และ (3) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ยเลขคณิต ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบทีแบบกลุ่มที่ศึกษาไม่เป็นอิสระต่อกัน

ผลการวิจัยสรุปได้ดังนี้

- 1) นักเรียนที่เรียนรู้อชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีร้อยละคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาลงเรียนเท่ากับ 76.35 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 75 จัดอยู่ในระดับดีมาก
- 2) นักเรียนที่เรียนรู้อชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
- 3) นักเรียนที่เรียนรู้อชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีร้อยละคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนเท่ากับ 75.65 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 70 จัดอยู่ในระดับดี

ในงานวิจัยนี้ยังพบว่าการจัดการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาทำให้นักเรียนกลุ่มที่ศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาในด้านการนำความรู้หรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้อยู่ในระดับดีเยี่ยม ดังนั้นจึงควรศึกษาการประยุกต์ใช้สะเต็มศึกษากับเนื้อหาวิทยาศาสตร์อื่นต่อไป

ภาควิชา หลักสูตรและการสอน

ลายมือชื่อนิสิต

สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

ปีการศึกษา 2559

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาร่วม

5783457927 : MAJOR SCIENCE EDUCATION

KEYWORDS: BIOLOGY LEARNING MANAGEMENT BASED ON STEM EDUCATION / PROBLEM-SOLVING ABILITY / BIOLOGY LEARNING ACHIEVEMENT

ATIT CHIMKUL: EFFECTS OF BIOLOGY LEARNING MANAGEMENT BASED ON STEM EDUCATION APPROACH ON PROBLEM-SOLVING ABILITY AND BIOLOGY LEARNING ACHIEVEMENT OF UPPER SECONDARY SCHOOL STUDENTS. ADVISOR: SAKOLRAT KAEWDEE, Ph.D., CO-ADVISOR: NIPADA RUANKAEW DISYATAT, Ph.D., 147 pp.

This study was one group pretest-posttest design research. The purposes of this study were to (1) analyse problem-solving abilities of students who learned biology based on STEM education; (2) compare problem-solving abilities between before and after learning biology based on STEM education; (3) analyse biology learning achievement of students after learning biology based on STEM education. The target group was fifty-two 11th grade students in a large size school in Bangkok. Research instruments were (1) problem-solving ability pretest, (2) problem-solving ability posttest, and (3) biology learning achievement test. The collected data were analysed by using arithmetic mean and standard deviation. The hypotheses of this research were tested by using *t*-test for dependent samples.

The research findings were as follows:

1) The problem-solving abilities mean score of students who learned biology based on STEM education was 76.35 percent, which was higher than criterion score of 75%, and was at "very good" level.

2) The problem-solving abilities mean posttest score of students who learned biology based on STEM education was significantly higher than the mean pretest score ($p = 0.05$).

3) The biology learning achievement mean score of students who learned biology based on STEM education was 75.65 percent, which was higher than criterion score of 70%, and was at "good" level.

The research also found that biology learning management based on STEM education can be used to promote students' learning achievement, specifically the application of scientific knowledge and methods. Therefore, the STEM education should be further investigated for other scientific content areas.

Department: Curriculum and Instruction

Field of Study: Science Education

Academic Year: 2016

Student's Signature

Advisor's Signature

Co-Advisor's Signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี เนื่องมาจากความกรุณาและความช่วยเหลือในทุกด้าน จาก อาจารย์ ดร. สกลรัชต์ แก้วดี อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ และอาจารย์ ดร. นิพาดา เรือนแก้ว ดิษยทัต อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ที่ได้ให้คำปรึกษาและตรวจทานความถูกต้องของวิทยานิพนธ์ รวมทั้งให้การอบรมสั่งสอนและแนะนำสิ่งที่เป็นประโยชน์ต่อการทำงานวิจัย ประสบการณ์ที่ได้รับจาก อาจารย์ในระหว่างการทำวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจะนำไปใช้ประกอบวิชาชีพครูต่อไป ขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ ประธานกรรมการ สอบวิทยานิพนธ์ อาจารย์ ดร. สายรุ้ง ชาวสุภา กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้ให้คำแนะนำในการ ปรับแก้ไขวิทยานิพนธ์ให้มีความถูกต้องและสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น รวมทั้งผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้กรุณา ตรวจสอบและให้คำแนะนำในการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้

ขอขอบใจมิตรสหายสาขาวิชาการศึกษาศาสตร์ที่คอยช่วยเหลือผู้วิจัยในทุกด้าน ทำให้ ผู้วิจัยได้รับประสบการณ์ทั้งในด้านวิชาการและด้านการใช้ชีวิต

ผู้วิจัยได้รับการสนับสนุนทุนวิจัยจากโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทาง วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้ด้วย

เหนือสิ่งอื่นใด ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณบิดา มารดา น้องสาว และญาติพี่น้องทุกคน ที่ให้ การสนับสนุนและให้กำลังใจผู้วิจัยในการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้ให้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดี

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย.....	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญภาพ.....	ฎ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความเป็นมาและความสำคัญของการทำวิจัย.....	1
คำถามการวิจัย.....	5
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	6
สมมติฐานของการวิจัย.....	6
ขอบเขตของการวิจัย.....	7
คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย.....	7
กรอบแนวคิดในการวิจัย.....	10
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	12
1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	13
1.1 ความเป็นมาและเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	13
1.2 ความหมายและองค์ประกอบของสะเต็มศึกษา.....	16
1.3 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	21
1.4 รูปแบบกิจกรรมและขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	24
1.5 บทบาทของครูและนักเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	29
2. ความสามารถในการแก้ปัญหา.....	31

2.1 ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหา.....	31
2.2 ขั้นตอนของการแก้ปัญหา.....	32
2.3 แนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา	35
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา.....	37
3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	37
3.2 องค์ประกอบของพฤติกรรมในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	38
3.3 แนวทางการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน.....	38
4. วิเคราะห์เนื้อหา เรื่อง การรักษาคุณภาพในร่างกาย	40
4.1 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง การรักษา คุณภาพในร่างกาย ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.....	41
4.2 เนื้อหา เรื่อง การรักษาคุณภาพในร่างกาย ในหนังสือแบบเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 2 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี	43
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	46
5.1 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา	46
5.2 การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน..	46
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย	47
1. รูปแบบการวิจัย.....	47
2. การกำหนดกลุ่มที่ศึกษา.....	48
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	49
4. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	62
5. การวิเคราะห์ข้อมูล.....	63
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	65
ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหา	65

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา.....	74
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	76
สรุปผลการวิจัย.....	76
อภิปรายผล	76
ข้อเสนอแนะ	81
รายการอ้างอิง.....	83
ภาคผนวก	88
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย.....	89
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ทดลอง	91
ภาคผนวก ค เครื่องมือที่ใช้รวบรวมข้อมูล.....	115
ภาคผนวก ง ตัวอย่างการสร้างผลงานในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา..	132
ภาคผนวก จ ตัวอย่างการตอบคำถามในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา	136
ภาคผนวก ฉ ภาพตัวอย่างการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา	143
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	147

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 บทบาทครูและนักเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา.....	29
ตารางที่ 2 เกณฑ์การประเมินสมรรถนะด้านการคิด (สำนักงานทดสอบทางการศึกษา, 2555).....	37
ตารางที่ 3 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้แกนกลาง ที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง การรักษา คุณภาพในร่างกาย ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.....	42
ตารางที่ 4 เนื้อหาในแต่ละหัวข้อ ในเรื่อง การรักษาคุณภาพในร่างกายในหนังสือแบบเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 2 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.....	44
ตารางที่ 5 สัดส่วนคะแนน ข้อคำถาม จำแนกตามขั้นตอนการแก้ปัญหา.....	51
ตารางที่ 6 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการแก้ปัญหา.....	51
ตารางที่ 7 สัดส่วนของจำนวนข้อสอบในแต่ละหัวข้อของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เรื่อง การรักษาคุณภาพในร่างกาย.....	53
ตารางที่ 8 เกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ของกระทรวงศึกษาธิการ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551).....	54
ตารางที่ 9 แสดงหัวข้อและจำนวนคาบของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วย เรื่อง การรักษาคุณภาพ ในร่างกาย.....	56
ตารางที่ 10 จำนวนคาบเรียน สถานการณ์ ความรู้และทักษะที่ต้องใช้สร้างผลงานในแต่ละหัวข้อของหน่วย การเรียนรู้.....	57
ตารางที่ 11 เกณฑ์การประเมินระดับความก้าวหน้า (Hake, 1999).....	64
ตารางที่ 12 จำนวนนักเรียน ร้อยละ เกณฑ์ระดับความสามารถของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา (N = 42).....	65
ตารางที่ 13 จำนวนนักเรียน ค่าดัชนีความก้าวหน้า และระดับความก้าวหน้าของคะแนนความสามารถใน การแก้ปัญหานักเรียนกลุ่มที่ศึกษา (N = 42).....	66
ตารางที่ 14 จำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความก้าวหน้าจำแนกตามขั้นตอนการแก้ปัญหา (N = 42).....	67
ตารางที่ 15 คะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ (\bar{X} ร้อยละ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และการ ทดสอบที (t-test) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา จำแนกตามขั้นตอนการแก้ปัญหา (N = 42).....	69
ตารางที่ 16 คะแนนเฉลี่ยร้อยละ (\bar{X}) และระดับความสามารถของความสามารถในการแก้ปัญหาลงเรียน จำแนกตามขั้นตอนการแก้ปัญหา.....	69
ตารางที่ 17 คะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ (\bar{X} ร้อยละ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เกณฑ์ระดับ ความสามารถ และการทดสอบที (t-test) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียนของ นักเรียนกลุ่มที่ศึกษา (N = 42).....	74
ตารางที่ 18 คะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ (\bar{X} ร้อยละ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และเกณฑ์ระดับ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาจำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ (N = 42).....	75

สารบัญภาพ

ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์	20
ภาพที่ 2 แบบแผนการทดลองแบบศึกษากลุ่มเดียววัดสองครั้ง.....	47



บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของการทำวิจัย

ปัจจุบันมนุษย์ต้องปรับตัวให้ทันกับความเจริญก้าวหน้าด้านต่าง ๆ ของโลกทั้งด้านเศรษฐกิจและเทคโนโลยีเพื่อสร้างชีวิตให้มีศักยภาพในการดำรงชีวิตและเป็นประชาชนที่มีคุณภาพในการพัฒนาประเทศ (ขจรเดช บุตรพรหม, 2557) ซึ่งวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม เป็นปัจจัยสำคัญในการขับเคลื่อนการพัฒนาประเทศไปสู่เศรษฐกิจและสังคมฐานความรู้ทำให้ประเทศสามารถปรับตัวต่อการเปลี่ยนแปลงอันเกิดจากกระแสโลกาภิวัตน์ได้ (สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมแห่งชาติ, 2558) ซึ่งสะท้อนว่า วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีบทบาทในการพัฒนาประเทศในด้านต่าง ๆ อย่างกว้างขวางและนับวันยิ่งมีความสำคัญมากขึ้น จะเห็นได้ว่า ประเทศที่พัฒนาแล้ว ล้วนแต่เป็นประเทศที่มีความเจริญก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีสูง ดังนั้นวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีจึงเป็นพื้นฐานสำคัญในการพัฒนาประเทศ จากความก้าวหน้าทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่เจริญอย่างต่อเนื่อง จึงจำเป็นต้องพัฒนาพลเมืองของชาติให้ก้าวทันต่อความเปลี่ยนแปลงดังกล่าว เพื่อให้เป็นพลเมืองที่มีคุณภาพสามารถผลักดันประเทศไทยไปสู่การปฏิรูปเศรษฐกิจตามรูปแบบโมเดล “ประเทศไทย 4.0” ซึ่งเป็นการขับเคลื่อนเศรษฐกิจไทยด้วยนวัตกรรม (Value-Based Economy) ที่เน้นการใช้ความคิดสร้างสรรค์ นวัตกรรม วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี รวมทั้งการวิจัยและพัฒนา มุ่งสู่การสร้างความมั่นคง มั่งคั่งและยั่งยืนให้กับประเทศไทย (อรรถกา สิบบุญเรือง, 2559)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ในการพัฒนาพลเมืองให้มีความพร้อมต่อการเปลี่ยนแปลงในศตวรรษที่ 21 ต้องพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 หนึ่งในทักษะจำเป็นอย่างยิ่ง คือ ความสามารถในการแก้ปัญหา เนื่องจากมนุษย์ต้องประสบกับอุปสรรคในสังคมอยู่เสมอ รวมทั้งมนุษย์ต้องการดำรงชีวิตอย่างปกติสุขและมีคุณภาพ ในขณะที่ทรัพยากรบนโลกมีอยู่อย่างจำกัด ด้วยเหตุนี้ มนุษย์จึงต้องใช้ความสามารถในการแก้ปัญหาโดยสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์เพื่อตอบสนองความต้องการภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัด ดังนั้นในการพัฒนาเยาวชนให้สามารถดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างมีคุณภาพ ต้องพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาในลักษณะของการสร้างสรรค์ผลงาน ซึ่งอาจเป็นวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหา อาจกล่าวได้ว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาในศตวรรษที่ 21 มิใช่แค่การระบุปัญหา รวบรวมข้อมูลหาแนวทางที่เป็นไปได้และเลือกวิธีการที่ดีที่สุดไปใช้แก้ปัญหาเท่านั้น แต่ต้องสามารถแก้ปัญหาภายใต้สถานการณ์ที่มีความท้าทายและมีความจำเป็นต่อมนุษย์ในการดำรงชีวิตภายใต้ทรัพยากรที่จำกัด ด้วยการคิดหาวิธีการที่เหมาะสมที่สุดในการแก้ปัญหาให้บรรลุผลสำเร็จโดยใช้หลักปฏิบัติทางวิศวกรรม ซึ่ง National Research Council (2012) ได้เปรียบไว้กับการทำงานของวิศวกร กล่าวคือ วิศวกรแก้ปัญหาด้วยการสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์โดยอาศัยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม การแก้ปัญหาดังกล่าว ต้องพิจารณาต้นทุน ค่าใช้จ่าย ความปลอดภัย จรรยาบรรณ ระเบียบกฎหมาย

ดังนั้นจึงไม่มีวิธีแก้ปัญหาที่ดีที่สุด แต่มีวิธีแก้ปัญหาที่เหมาะสมที่สุดกับบริบทหรือสถานการณ์ในขณะนั้น โดยเป็นการแก้ปัญหาที่คุ้มค่าที่สุด มีความปลอดภัย และอยู่ภายใต้ทรัพยากรที่จำกัด รวมทั้งบรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมายที่ได้กำหนดไว้

เมื่อพิจารณาคุณภาพการศึกษาวิทยาศาสตร์ไทยในปัจจุบัน พบว่า การส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดแก้ปัญหาในเชิงของการสร้างสรรค์ผลงานหรือการประดิษฐ์คิดค้นนั้น ยังไม่เพียงพอต่อการยกระดับความสามารถในการแข่งขันทางด้านการศึกษาและการสร้างนวัตกรรมของประเทศไทยให้ทัดเทียมนานาชาติ สะท้อนให้เห็นได้จากรายงานการจัดอันดับความสามารถในการแข่งขันของประเทศ โดย International Institute for Management Development (2015) ที่ระบุว่า ในปี พ.ศ. 2558 ประเทศไทยมีอันดับความสามารถในการแข่งขันของประเทศอยู่ที่อันดับที่ 46 จาก 61 ประเทศเท่านั้น ในขณะที่มูลนิธิสถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระยอง และมูลนิธิโรงเรียนวิทยาศาสตร์ ระยอง (2557) ได้กล่าวถึงรายงานการจัดอันดับความสามารถในการแข่งขันของประเทศ ประจำปี 2557-2558 ใน 144 ประเทศทั่วโลก พบว่า ภาพรวมเศรษฐกิจของประเทศไทยได้รับการจัดให้อยู่ในกลุ่มประเทศที่ขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้วยประสิทธิภาพ หรือ Efficiency-Driven Economies โดยระดับความสามารถในการแข่งขันโดยรวมอยู่ในอันดับที่ 31 ด้านการศึกษาในระดับอุดมศึกษาอยู่ในอันดับที่ 59 ด้านความพร้อมทางเทคโนโลยีอยู่ในอันดับที่ 65 และด้านการสร้างนวัตกรรมอยู่ในอันดับที่ 67 และหากเปรียบเทียบกับประเทศต่าง ๆ ในสมาคมประชาชาติแห่งเอเชียตะวันออกเฉียงใต้หรืออาเซียนทั้งหมด 10 ประเทศ พบว่า คุณภาพของระบบการศึกษาของประเทศไทยอยู่ในอันดับที่ 6 ด้วยเหตุนี้ จึงจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องยกระดับคุณภาพของประเทศไทยจากผู้ซื้อเทคโนโลยี โดยการพัฒนาเยาวชนของชาติให้มีความรู้และความสามารถเพียงพอต่อการสร้างสรรค์ผลงานในการแก้ปัญหา นำไปสู่การยกระดับคุณภาพของประเทศไทยให้มีความเจริญก้าวหน้าทัดเทียมประเทศญี่ปุ่น เกาหลี หรือสิงคโปร์ที่ได้รับการจัดให้อยู่ในกลุ่มประเทศที่ขับเคลื่อนเศรษฐกิจด้วยนวัตกรรม หรือ Innovation-Driven Economies

จากรายงานดังกล่าว สะท้อนให้เห็นว่า ประเทศไทยควรเร่งส่งเสริมนักเรียนทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อนำความรู้ไปใช้ในการสร้างสรรค์ผลงาน โดยเฉพาะอย่างยิ่งในรายวิชาชีววิทยา ซึ่งจัดเป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่สำคัญที่มุ่งศึกษาสิ่งมีชีวิตทุกชนิดอย่างมีเหตุผล รวมทั้งศึกษาความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งมีชีวิตด้วยกันเอง ตลอดจนบทบาทและความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม การเข้าใจในความสัมพันธ์ดังกล่าว เป็นประโยชน์ยิ่งต่อการดำรงชีวิตและความเป็นอยู่ของมนุษย์ในแง่ของการอนุรักษ์ การใช้แหล่งอาหารและทรัพยากรบนโลก (กิตติ โปธิ ปัทมะ, 2550) นอกจากนี้องค์ความรู้ทางชีววิทยาสามารถนำไปบูรณาการกับศาสตร์อื่น ๆ ได้แก่ วิทยาศาสตร์กายภาพ คอมพิวเตอร์ คณิตศาสตร์ และวิศวกรรมศาสตร์ เพื่อสร้างวิธีการแก้ปัญหาในสถานการณ์ด้านต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นจริงในสังคมโลก ได้แก่ ด้านการผลิตอาหารอย่างยั่งยืน ด้านการฟื้นฟูระบบนิเวศ ด้านการผลิตเชื้อเพลิงชีวภาพ และด้านสุขภาพของมนุษย์ จึงกล่าวได้ว่า การศึกษาชีววิทยาในศตวรรษที่ 21 เป็นการศึกษาที่เน้นบูรณาการกับศาสตร์แขนงต่าง ๆ ในการสร้างความ

เชื่อมโยงไปสู่การสร้างวิธีแก้ปัญหาเพื่อตอบสนองความต้องการของมนุษย์ (Sharp, Janetos and Yamamoto, 2016)

เมื่อพิจารณาคุณภาพการศึกษาทางด้านชีววิทยาของประเทศไทย จากรายงานผลคะแนนรายวิชาชีววิทยาในการทดสอบ 9 วิชาสามัญ จัดโดยสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ ซึ่งเป็นการวัดความรู้ ความเข้าใจ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้ไปใช้ ผลการประเมินระบุว่า คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนในรายวิชาชีววิทยา ประจำปี 2558 และ 2559 คือ 29.05 และ 27.32 คะแนน ตามลำดับ ซึ่งน้อยกว่าร้อยละ 50 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2559) สะท้อนให้เห็นว่า นักเรียนไทยยังไม่ได้รับการส่งเสริมให้เกิดความรู้และทักษะดังกล่าวเท่าที่ควร ส่งผลให้ความรู้ชีววิทยาของนักเรียนไทยยังอยู่ในระดับต่ำและมีแนวโน้มลดลง

ในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ควรเน้นให้นักเรียนได้สร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ หรือการให้นักเรียนได้มีโอกาสเผชิญหน้ากับสถานการณ์ปัญหาแล้วหาวิธีแก้ไข ซึ่งสามารถจัดการเรียนรู้ได้หลายแบบ คือ 1) การจัดการเรียนรู้โดยใช้โครงงานเป็นฐาน ดังจะเห็นได้จากงานวิจัยของสมหวัง อังสนุ (2554) ที่ได้ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบใช้ปัญหาเป็นฐาน เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนร้อยละ 70.73 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด ได้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม และมีนักเรียนร้อยละ 78.04 ของนักเรียนทั้งหมด ได้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ผ่านเกณฑ์ร้อยละ 70 ของคะแนนเต็ม 2) การใช้รูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของพิชชินีร่วมกับแนวคิดการเรียนรู้อย่างมีส่วนร่วม ดังในงานวิจัยของพัชรา พยัคฆา และอลิศรา ชูชาติ (2558) โดยทดลองกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ซึ่งผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 3) การจัดการเรียนรู้โดยใช้เทคนิคแนวคิดเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ดังในงานวิจัยของมริณี คงทรัพย์และวัชรภรณ์ แก้วดี (2554) โดยทดลองกับนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นในรายวิชาวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากงานวิจัยข้างต้น ชี้ให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้ปัญหาเป็นฐาน การใช้แนวคิดของพิชชินี หรือการใช้เทคนิคแนวคิดเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E สามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ อย่างไรก็ตามในยุคศตวรรษที่ 21 เป็นยุคแห่งการพัฒนาต่อยอดและการสร้างสรรค์วิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหา ดังนั้นหากมีการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาเพื่อพัฒนานักเรียนให้มีความสามารถในการแก้ปัญหาในอีกมิติหนึ่งที่ต้องแก้ปัญหาภายใต้ข้อจำกัดและดำเนินการผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ทำให้นักเรียน

สามารถเชื่อมโยงความรู้จากบทเรียนไปใช้สร้างผลงานเพื่อแก้ปัญหาได้ นำไปสู่การยกระดับความสามารถในการแข่งขันของประเทศไทยให้เจริญก้าวหน้าทัดเทียมกับประเทศชั้นนำในประชาคมเศรษฐกิจอาเซียนได้รวดเร็วขึ้น

จากความสำคัญดังกล่าว จึงมีความจำเป็นอย่างยิ่งที่ต้องมีการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาที่เอื้อให้นักเรียนได้รับความรู้ควบคู่ไปกับการพัฒนาความสามารถในแก้ปัญหาผ่านการสร้างผลงานเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่มีความท้าทายและเกี่ยวข้องกับชีวิตจริง แนวคิดหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อเอื้อให้นักเรียนได้รับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหา คือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ซึ่งเป็นการบูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ เทคโนโลยี และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในสังคมโลก โดยการพัฒนาวิธีการหรือสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหา ซึ่งเป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงาน นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ดังกล่าว ยังช่วยให้นักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 4 สาขาวิชา กับชีวิตจริงและการทำงานโดยไม่เน้นการท่องจำ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิดแก้ปัญหาและการหาข้อมูล วิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ รวมทั้งสามารถนำข้อค้นพบไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตจริง (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557)

สะเต็มศึกษามีจุดเริ่มต้นที่สหรัฐอเมริกา เนื่องด้วยการขาดแคลนกำลังคนทางด้านอุตสาหกรรมโดยเฉพาะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ คอมพิวเตอร์ รวมทั้งกำลังคนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหา (National Research Council, 2012) นอกจากนี้นักเรียนในสหรัฐอเมริกามีผลการทดสอบ PISA ด้วยคะแนนเฉลี่ยที่ต่ำกว่าหลายประเทศ ส่งผลต่อขีดความสามารถด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรม ดังนั้นนโยบายการศึกษาของสหรัฐอเมริกาคือการส่งเสริมให้จัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยมุ่งหวังว่าจะช่วยยกระดับผลการสัมฤทธิ์ทางการเรียน โดยเฉพาะคะแนนการทดสอบ PISA ให้สูงขึ้น ควบคู่กับการพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 อันได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหา ความสามารถในการคิดสร้างสรรค์ และความสามารถในการทำงานเป็นทีม เพื่อนำไปสู่การพัฒนาพลเมืองของชาติให้มีคุณภาพ (Rachel, 2008)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นลักษณะของการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่ใกล้เคียงกับชีวิตจริง มีความท้าทายให้นักเรียนใช้ความรู้และความสามารถทั้ง 4 สาขาวิชา อันประกอบด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การสร้างสรรค์ผลงานมาใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ให้บรรลุผล โดยคำนึงถึงความปลอดภัย ความคุ้มค่า ความเหมาะสมกับบริบทของปัญหานั้น ๆ ซึ่งจุดเด่นสำคัญในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา คือ การนำกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ โดย Capraro et al. (2013: 34) ได้ระบุขั้นตอนของกระบวนการดังกล่าวไว้ 7 ขั้นตอน ได้แก่ 1) ระบุปัญหาและข้อจำกัด 2) ศึกษาค้นคว้า 3) คิดออกแบบ 4) วิเคราะห์ความคิด 5) สร้างผลงาน 6) ทดสอบและปรับปรุง 7) สื่อสารและสะท้อนผล จากขั้นตอนดังกล่าว แสดงให้เห็นว่า

นักเรียนมีโอกาสได้ระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่มีความท้าทายและเกิดขึ้นจริงในสังคมโลก จากนั้นนักเรียนศึกษาค้นคว้าหาความรู้จากกิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ รวมทั้งการปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมาซึ่งการได้ข้อมูลที่จำเป็นต่อการสร้างผลงาน โดยนักเรียนมีโอกาสทดสอบและปรับปรุงผลงานเพื่อเรียนรู้ข้อบกพร่อง จากนั้นพยายามคิดหาวิธีการแก้ปัญหาใหม่จนกว่าจะบรรลุผลสำเร็จ ในขั้นตอนสุดท้ายนักเรียนมีโอกาสสื่อสารความคิดสู่สังคมและสะท้อนผลการดำเนินงานของตนเองนำไปสู่การพัฒนากระบวนการแก้ปัญหาให้ดียิ่งขึ้นในครั้งต่อไป

ทั้งนี้ การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ ดังงานวิจัยของนสรินทร์ ปือชา (2558) ที่ได้จัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในวิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 เรื่อง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต โดยใช้รูปแบบการเรียนรู้ 5E โดยศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาและความสามารถในการแก้ปัญหาโดยใช้องค์ประกอบของ Weir ได้แก่ การระบุปัญหา การวิเคราะห์ปัญหา การเสนอวิธีการแก้ปัญหา และการตรวจสอบผลลัพธ์ ผลการวิจัยพบว่า ภายหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา นักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ในขณะที่ Cox et al. (2016) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและความเข้าใจโมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษา ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาและความเข้าใจโมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากสภาพปัญหาและความสำคัญที่กล่าวมา แสดงให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา นักเรียนมีโอกาสได้เผชิญหน้ากับสถานการณ์ปัญหาในสังคมโลกที่จะท้าทายนักเรียนให้ใช้ความรู้และความสามารถทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ไปใช้ในการสร้างผลงานในการแก้ปัญหา ซึ่งเอื้อให้นักเรียนได้รับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย อันเป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยพัฒนานักเรียนให้มีทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 นำไปสู่การสร้างสรรค์ผลงานให้แก่ประเทศชาติและยกระดับคุณภาพการศึกษาวิทยาศาสตร์ไทยให้เจริญก้าวหน้าทัดเทียมสากลโลก

คำถามการวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาได้หรือไม่
2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนหรือไม่

3. การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาได้หรือไม่ อย่างไร

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนหลังการได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
2. เพื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนก่อนและหลังการได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
3. เพื่อวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนหลังการได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

สมมติฐานของการวิจัย

การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นลักษณะของการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการความรู้ใน 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงาน ช่วยให้นักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 4 สาขาวิชา กับชีวิตจริงและการทำงาน ดังที่ Vasquez, Comer and Sneider (2013) ได้ระบุว่า สะเต็มศึกษา คือ แนวคิดการเรียนรู้ที่บูรณาการ 4 สาขาวิชา ประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อให้สอดคล้องกับโลกแห่งความเป็นจริง มีความเชื่อมโยงกับประสบการณ์การเรียนรู้ของนักเรียน ลักษณะการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว น่าจะสามารถส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนได้

จากแนวคิดในการจัดการเรียนรู้ข้างต้น ผู้วิจัยจึงกำหนดสมมติฐาน 3 ข้อดังนี้

สมมติฐานข้อที่ 1 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความสามารถในการแก้ปัญหาลงเรียนในระดับดีมาก ตั้งแต่ร้อยละ 75 ขึ้นไป

สมมติฐานข้อที่ 2 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความสามารถในการแก้ปัญหาลงเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

สมมติฐานข้อที่ 3 นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนในระดับดี ตั้งแต่ร้อยละ 70 ขึ้นไป ตามเกณฑ์ของกระทรวงศึกษาธิการ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

ขอบเขตของการวิจัย

1. กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง เขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559

2. ตัวแปรในการวิจัย มี 2 ตัวแปร ดังนี้

2.1 ตัวแปรจัดกระทำ (treatment variable) คือ การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

2.2 ตัวแปรตาม (dependent variables) คือ ความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

คำจำกัดความที่ใช้ในการวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา หมายถึง การจัดการเรียนรู้ในรายวิชาชีววิทยาที่เน้นการนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในสังคมโลก ทำให้นักเรียนให้ใช้ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา โดยนำกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของ Capraro et al. (2013) มาใช้ในการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน ดังนี้

(1) ขั้นระบุปัญหาและข้อจำกัด (identify problem and constraints) คือ ขั้นตอนที่ผู้สอนนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในสังคมโลก ซึ่งจะให้นักเรียนให้คิดหาวิธีแก้ปัญหา โดยมีการกำหนดเงื่อนไขให้นักเรียนได้ระบุปัญหาและข้อจำกัด นักเรียนต้องใช้ความรู้และทักษะทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหา โดยต้องกำหนดเกณฑ์ชี้วัดความสำเร็จของวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่จะใช้ในการแก้ปัญหาด้วย

(2) ขั้นศึกษาค้นคว้า (research) คือ ขั้นตอนที่นักเรียนทำกิจกรรมการเรียนรู้และปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ความรู้และทักษะทางด้านคณิตศาสตร์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลและจัดกระทำข้อมูล รวมทั้งการใช้ความรู้และทักษะทางเทคโนโลยีในการสืบค้นข้อมูลออนไลน์หรือการใช้แอปพลิเคชันต่าง ๆ นำมาซึ่งการได้ความรู้พื้นฐานในการออกแบบวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์

(3) ขั้นคิดออกแบบ (ideate) คือ ขั้นตอนที่นักเรียนแต่ละคนในกลุ่ม คิดและเขียนแบบร่างผลงาน อาจเป็นวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์สำหรับใช้ในการแก้ปัญหา โดยเขียนเหตุผลอธิบายเพื่อแสดงถึงความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา

(4) ขั้นวิเคราะห์ความคิด (analyse ideas) คือ ขั้นตอนที่นักเรียนอภิปรายร่วมกันเพื่อวิเคราะห์วิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่มีความเป็นไปได้มากที่สุดในการแก้ปัญหา โดยอาจเลือกใช้วิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ของสมาชิกคนใดคนหนึ่งหรืออาจประมวลมาจากสมาชิกในกลุ่ม

(5) **ขั้นสร้างผลงาน (build)** คือ ขั้นตอนที่นักเรียนนำแบบร่างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่ได้วิเคราะห์ความคิดมาแล้ว ไปสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ต้นแบบ (Prototype) โดยอาศัยความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในการสร้างผลงาน

(6) **ขั้นทดสอบและปรับปรุง (test and refine)** คือ ขั้นตอนที่นักเรียนนำวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ต้นแบบที่ได้สร้างขึ้น ไปใช้ทดสอบการแก้ปัญหาว่าสามารถบรรลุเป้าหมายของการแก้ปัญหาหรือไม่ รวมทั้งมีการตรวจสอบและบันทึกข้อมูลว่าตัวต้นแบบมีข้อบกพร่องอย่างไร หากไม่บรรลุเกณฑ์ นักเรียนต้องย้อนกลับไปในขั้นคิดออกแบบ เพื่อปรับปรุงวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ต้นแบบอีกครั้งจนกว่าจะได้ตัวต้นแบบสุดท้ายที่บรรลุเกณฑ์ชี้วัดสอดคล้องกับข้อจำกัด

(7) **ขั้นสื่อสารและสะท้อนผล (communicate and reflect)** คือ ขั้นตอนที่นักเรียนนำวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ต้นแบบที่ผ่านการทดสอบและปรับปรุงมาอย่างดีแล้ว มานำเสนอหลักการและแนวคิดในการแก้ปัญหา รวมทั้งอภิปรายในชั้นเรียนเพื่อสะท้อนผลการปฏิบัติงาน นอกจากนี้ครูต้องสะท้อนผลการจัดการเรียนรู้ของตนเองเพื่อนำไปพัฒนาในครั้งต่อไปด้วย

2. ความสามารถในการแก้ปัญหา หมายถึง ความสามารถในการพิจารณาสถานการณ์ปัญหาที่มีความจำเป็นต้องได้รับการแก้ไขภายใต้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัด นำไปสู่การสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์นั้นให้บรรลุเกณฑ์ชี้วัดความสำเร็จที่ได้กำหนดไว้ โดยความสามารถในการแก้ปัญหาวัดจากแบบวัดที่ผู้วิจัยสร้างตามขั้นตอนของ Fogler and LeBlanc (2007) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

(1) **การนิยามปัญหา** เป็นการค้นหาที่มาของปัญหาเพื่อนำไปสู่การระบุปัญหา เกณฑ์ และข้อจำกัดในการแก้ปัญหา

(2) **การสร้างวิธีการแก้ปัญหา** เป็นการสร้างวิธีการแก้ปัญหาที่มีความเป็นไปได้มากกว่า 1 วิธี ในการแก้ปัญหาให้สำเร็จตามเกณฑ์ สอดคล้องกับข้อจำกัด

(3) **การเลือกวิธีการแก้ปัญหา** เป็นการเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่มีความเป็นไปได้มากที่สุดที่แก้ปัญหาได้สำเร็จ โดยพิจารณาจากความคุ้มค่าของการใช้ทรัพยากร เกณฑ์และข้อจำกัดที่กำหนดไว้

(4) **การปฏิบัติตามวิธีการแก้ปัญหา** เป็นการนำทรัพยากรและวิธีการแก้ปัญหาที่ได้เลือกไว้ไปใช้สร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหาให้สำเร็จตามเกณฑ์

(5) **การประเมินผล** เป็นการระบุข้อดี-ข้อบกพร่องของการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนาการแก้ปัญหาต่อไป

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา หมายถึง ความรู้ ความสามารถของนักเรียนที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ทั้งหมด 4 ด้าน ตามแนวคิดของ Klopfer (1971) ได้แก่ ด้านความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านกระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ และด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ ซึ่งวัดจากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

4. นักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย หมายถึง นักเรียนระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง เขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559



กรอบแนวคิดในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยเป็นการบูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่งสามารถพัฒนา นักเรียนให้สามารถเชื่อมโยงความรู้อย่างเป็นระบบ ควบคู่ไปกับการฝึกทักษะการแก้ปัญหา ผ่าน กิจกรรมการเรียนรู้ต่าง ๆ ซึ่งต้องอาศัยความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่อิงบริบทจากสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงใน สังคมโลก สถานการณ์ดังกล่าวจะทำให้นักเรียนให้คิดแก้ปัญหาผ่านการทำงานเป็นกลุ่ม เป็นการ เรียนรู้ที่มีประโยชน์ต่อชีวิต รวมทั้งการประกอบอาชีพในอนาคต

การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในงานวิจัยครั้งนี้ใช้กระบวนการออกแบบ ทางวิศวกรรมของ Capraro et al. (2013) ในการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย 7 ขั้นตอน คือ 1) ระบุ ปัญหาและข้อจำกัด 2) ศึกษาค้นคว้า 3) คิดออกแบบ 4) วิเคราะห์ความคิด 5) สร้างผลงาน 6) ทดสอบและปรับปรุง 7) สื่อสารและสะท้อนผล การที่นักเรียนมีโอกาสได้นำความรู้ มาใช้สร้างสรรค์ ผลงานนั้น สอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างความรู้โดยการสร้างสรรค์ผลงานหรือ Constructionism theory ของ Papert (1989) ที่เน้นการให้นักเรียนมีโอกาสได้สร้างความรู้และนำความคิดไปสร้าง ผลงานเป็นด้วยตนเอง

จากผลการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิด สะเต็มศึกษาช่วยพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ ดังผลการวิจัย ของ นัสรินทร์ ปือชา (2558) ที่ได้จัดการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในวิชา ชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 เรื่อง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต โดยใช้รูปแบบ การเรียนรู้ 5E และศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน โดยใช้องค์ประกอบของ Weir ได้แก่ การระบุปัญหา การวิเคราะห์ปัญหา การเสนอวิธีการแก้ปัญหา และการตรวจสอบผลลัพธ์ ผลการวิจัยพบว่า ภายหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษานักเรียนได้คะแนน ความสามารถในการแก้ปัญหาร้อยละ 71.40 และได้คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาร้อยละ 70.65 ซึ่งคะแนนทั้งสองส่วนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01

สำหรับผลการศึกษาในงานวิจัยต่างประเทศ พบว่า Cox et al. (2016) ได้ทำวิจัย เรื่อง การ นำคณิตศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์มาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาเพื่อ พัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและความเข้าใจโมเลกุลชีววิทยา โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการ วิจัย คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นถึงตอนปลาย อายุ 14-18 ปี โดยนักเรียนกลุ่มทดลองได้รับ การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาที่เน้นการนำเสนอสถานการณ์ปัญหา ซึ่งผู้เรียนต้องใช้ความสามารถทาง คณิตศาสตร์และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมาใช้ในการแก้ปัญหา ในขณะที่นักเรียนกลุ่ม ควบคุมได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบสืบสอบ ผลวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ย ความสามารถในการแก้ปัญหาและความเข้าใจโมเลกุลชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม

อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 นอกจากนี้ Ceylan and Ozdilek (2015) ได้ศึกษาการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จากผลการศึกษางานวิจัยข้างต้น สะท้อนให้เห็นว่า การจัดการเรียนรู้ชีววิทยามตามแนวคิดสะเต็มศึกษาน่าจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาที่สูงขึ้น โดยงานวิจัยนี้ กำหนดนิยามของความสามารถในการแก้ปัญหา คือ ความสามารถในการพิจารณาสถานการณ์ปัญหาที่มีความจำเป็นต้องได้รับการแก้ไขภายใต้ทรัพยากรที่มีอยู่อย่างจำกัดนำไปสู่การสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ให้บรรลุเกณฑ์ชี้วัดความสำเร็จที่ได้กำหนดไว้ ดำเนินการตามขั้นตอนของ Fogler (2007) ได้แก่ 1) การนิยามปัญหา 2) การสร้างวิธีการแก้ปัญหา 3) การเลือกวิธีการแก้ปัญหา 4) การปฏิบัติตามวิธีการแก้ปัญหา 5) การประเมินผล และกำหนดองค์ประกอบของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยามตามแนวทางของ Klopfer (1971) ได้แก่ ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้หรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้มุ่งศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย จึงได้ศึกษาเอกสาร ตำรา โดยมีรายละเอียดผลการศึกษา 5 หัวข้อหลัก ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
 - 1.1 ความเป็นมาและเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
 - 1.2 ความหมายและองค์ประกอบของสะเต็มศึกษา
 - 1.3 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
 - 1.4 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
 - 1.5 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
2. ความสามารถในการแก้ปัญหา
 - 2.1 ความหมายของการแก้ปัญหา
 - 2.2 ขั้นตอนของการแก้ปัญหา
 - 2.3 แนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา
3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา
 - 3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
 - 3.2 องค์ประกอบของพฤติกรรมการเรียนรู้
 - 3.2 แนวทางการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
4. การวิเคราะห์เนื้อหา เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

1.1 ความเป็นมาและเป้าหมายของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ความเป็นมาของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา มีจุดเริ่มต้นที่สหรัฐอเมริกา เนื่องด้วยการขาดแคลนกำลังคนทางด้านอุตสาหกรรมโดยเฉพาะทางด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ คอมพิวเตอร์ รวมทั้งกำลังคนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหา (National Research Council, 2012) นอกจากนี้นักเรียนในสหรัฐอเมริกามีผลการทดสอบ PISA ด้วยคะแนนเฉลี่ยที่ต่ำกว่าหลายประเทศ นักศึกษาที่สนใจเรียนทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์มีจำนวนลดลง ส่งผลให้กำลังคนทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ลดลง จากสาเหตุดังกล่าวทำให้ประเทศสหรัฐอเมริกาขาดแคลนทรัพยากรมนุษย์ เกิดปัญหาด้านเศรษฐกิจตามมา ดังนั้นรัฐบาลของสหรัฐอเมริกาจึงกำหนดนโยบายการศึกษาที่เน้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยมีเป้าหมายเพื่อยกระดับผลการทดสอบ PISA ให้สูงขึ้น ควบคู่กับการพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 นำไปสู่การพัฒนาพลเมืองของชาติให้มีคุณภาพ (Rachel, 2008)

จากความเป็นมาในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาข้างต้น จึงมีนักการศึกษา และหน่วยงานต่าง ๆ ได้ระบุถึงเป้าหมายของแนวคิดสะเต็มศึกษาไว้ดังนี้

Vasquez, Comer and Sneider (2013) ระบุว่า เป้าหมายหลักของสะเต็มศึกษา คือ นักเรียนสามารถดำรงชีวิตอยู่ได้ในโลกที่มีความเจริญทางด้านเทคโนโลยีสูงและเป็นผู้รู้สะเต็ม (STEM literacy)

National Research Council (2012) ได้ระบุว่า เป้าหมายหลักของสะเต็มศึกษา คือ การพัฒนานักเรียนให้เป็นผู้รู้สะเต็มซึ่งหมายถึงการมีความรู้ความเข้าใจในแนวคิดและกระบวนการทางด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยมีรายละเอียดดังนี้

- 1) การรู้วิทยาศาสตร์ (scientific literacy) ประกอบด้วย 3 มิติ ดังนี้
 - 1) ความรู้ในความจริง หลักการ กฎ และทฤษฎี
 - 2) ความสามารถในการเชื่อมโยงความคิดต่าง ๆ ข้ามสาขาวิชาได้
 - 3) การปฏิบัติและการคิดต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับความรู้อื่นในเรื่องธรรมชาติ
- เพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง

2) การรู้เทคโนโลยี (technological literacy)

การรู้เทคโนโลยี หมายถึง ความสามารถในการใช้ จัดการ เข้าใจ และประเมินเทคโนโลยีได้ นอกจากนี้เทคโนโลยียังหมายถึง การปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงสิ่งที่มีอยู่ในธรรมชาติ เพื่อเติมเต็มหรือตอบสนองความต้องการของมนุษย์

3) การรู้วิศวกรรมศาสตร์ (engineering literacy)

การรู้วิศวกรรมศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการแก้ปัญหาเพื่อให้บรรลุเป้าหมายโดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

4) การรู้คณิตศาสตร์ (mathematical Literacy)

การรู้คณิตศาสตร์ หมายถึง ความสามารถส่วนบุคคลในการระบุและเข้าใจกฎทางคณิตศาสตร์ โดยผู้รู้คณิตศาสตร์ต้องสามารถตัดสินใจเลือกใช้กฎต่าง ๆ ทางคณิตศาสตร์ได้อย่างมีเหตุผล

Honey, Pearson and Schweingruber (2014) ได้เสนอรายละเอียดที่เกี่ยวข้องกับการรู้สะเต็ม อันเป็นเป้าหมายหลักของแนวคิดสะเต็มศึกษาไว้ดังนี้

1) มีความตระหนักถึงบทบาทของวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ในชีวิตประจำวัน กล่าวคือ นักเรียนสามารถอธิบายความสำคัญขององค์ความรู้ตามองค์ประกอบของสะเต็มศึกษาที่มีผลต่อการใช้ชีวิตประจำวันได้

2) มีความคุ้นชินต่อหลักการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ กล่าวคือ นักเรียนมองเห็นความเชื่อมโยงของแนวคิดสะเต็มศึกษากับปรากฏการณ์ต่าง ๆ

3) มีการประยุกต์ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน รวมทั้งการทำงานในอาชีพต่าง ๆ กล่าวคือ นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้ความรู้และทักษะของสะเต็มในการแก้ปัญหาและประกอบอาชีพได้อย่างเหมาะสม โดยต้องมีความตระหนักถึงความสำคัญของความรู้และทักษะของสะเต็มต่อการประกอบอาชีพด้วย

Capraro et al. (2013: 34) ได้กล่าวถึง เป้าหมายของการพัฒนานักเรียนโดยใช้การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ไว้ดังนี้

1) มุ่งพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 ได้แก่ ความสามารถในการแก้ปัญหา การคิดสร้างสรรค์ การทำงานเป็นทีม และการร่วมมือร่วมพลัง

2) มุ่งส่งเสริมให้นักเรียนให้สร้างความเชื่อมโยงระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์กับโลกแห่งความเป็นจริง รวมทั้งการส่งเสริมความสนใจทางด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ให้กับนักเรียน

จากความเป็นมาและเป้าหมายของแนวคิดสะเต็มศึกษาข้างต้น สะท้อนให้เห็นถึงสาเหตุที่ต้องมีการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 4 ประการ (วชิร ศรีคุ้ม, 2558) ดังนี้

- 1) ต้องการยกระดับคุณภาพทางการศึกษา กล่าวคือ การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถยกระดับคุณภาพของนักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่สูงขึ้นได้
- 2) การเพิ่มกำลังคนทางด้านสะเต็ม กล่าวคือ เมื่อผู้เรียนมีความรู้และทักษะที่เข้มแข็งทั้งด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ จะนำไปสู่การเป็นกำลังคนที่มีคุณภาพ
- 3) การเสริมศักยภาพในการแข่งขันระหว่างประเทศ กล่าวคือ เมื่อกำลังคนทางด้านสะเต็มมีคุณภาพ จะนำไปสู่การยกระดับการแข่งขันของประเทศให้ทัดเทียมกับนานาประเทศได้
- 4) การพัฒนาทักษะที่จำเป็นในศตวรรษที่ 21 กล่าวคือ การที่นักเรียนได้รับการพัฒนาทักษะที่จำเป็นนี้ ทำให้นักเรียนเป็นพลเมืองที่มีคุณภาพสามารถคิดแก้ปัญหา คิดสร้างสรรค์ สื่อสาร และทำงานเป็นทีมได้

เมื่อพิจารณาบริบทของประเทศไทย พบว่า มีปัญหาที่คล้ายคลึงกับสหรัฐอเมริกา กล่าวคือนักเรียนของประเทศไทยมีผลสัมฤทธิ์ในวิชาวิทยาศาสตร์ต่ำ ส่งผลไปสู่การขาดกำลังคนทางด้านสะเต็ม (STEM workforce) ที่สอดคล้องกับการพัฒนาเศรษฐกิจและสังคม สะท้อนให้เห็นได้จากรายงานผลการจัดอันดับสัดส่วนแรงงานทักษะฝีมือแรงงานของไทยใน 7 สาขาอาชีพตามข้อตกลงยอมรับร่วมกัน (MRAs) โดยเปรียบเทียบกับกลุ่มประเทศสมาชิกอาเซียนรวม 10 ประเทศ พบว่า สาขาวิศวกรอยู่ในอันดับ 8 แพทย์อยู่ในอันดับ 7 พยาบาลอยู่ในอันดับ 6 ทันตแพทย์อยู่ในอันดับ 5 สถาปนิกอยู่ในอันดับ 4 ส่วนนักสำรวจและนักบัญชีอยู่ในอันดับ 1 (ยงยุทธ แฉล้มวงศ์, 2558) เมื่อพิจารณากำลังแรงงานของประเทศไทยในปี 2554 พบว่า แรงงานคนไทยทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีเพียง 3 ล้านคน จาก 39 ล้านคน คิดเป็นร้อยละ 9 และเมื่อพิจารณาแรงงานคนไทยที่มีการศึกษาระดับปริญญาตรีขึ้นไป (knowledge workers) พบว่า แรงงานทางด้านวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีมีเพียง ร้อยละ 33 เท่านั้น (วชิร ศรีคุ้ม, 2558)

จากสภาพปัญหาการขาดกำลังคนทางด้านสะเต็มของประเทศไทยดังกล่าว จึงส่งผลต่อขีดความสามารถในการแข่งขันของประเทศ โดย International Institute for Management Development (2015) ได้จัดอันดับความสามารถในการแข่งขันของประเทศ ผลการจัดอันดับในปี 2558 ระบุว่า ประเทศไทยอยู่ในอันดับที่ 46 จาก 61 ประเทศเท่านั้น ด้วยเหตุนี้ จึงจำเป็นต้องเตรียมความพร้อมนักเรียนให้สามารถดำรงชีวิตและเป็นกำลังคนที่มีคุณภาพในศตวรรษที่ 21 ซึ่งเป็นยุคแห่งความเป็นโลกาภิวัตน์ และเป็นสังคมข้อมูลข่าวสาร มีการขยายตัวทางเทคโนโลยีอุตสาหกรรมบริการ มีการแข่งขันในด้านเศรษฐกิจ และมีความต้องการแรงงานที่มีความคิดสร้างสรรค์ (เขมวดี พงษานนท์ และกวิณ เชื้อมกลาง, 2557)

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความสำคัญอย่างยิ่งต่อการพัฒนาเยาวชนและประเทศชาติ ดังที่คณะกรรมการการสื่อสารมวลชน การวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสารสนเทศ (2558) ระบุว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีความสำคัญต่อการพัฒนาคนในการสร้างสรรค์นวัตกรรมและเทคโนโลยี ซึ่งช่วยนำพาประเทศให้มีความสามารถในการยกระดับเศรษฐกิจให้ก้าวข้ามจากประเทศที่มีรายได้ระดับปานกลางสู่ระดับสูง ดังนั้นการส่งเสริมให้เยาวชนหรือคนรุ่นใหม่ให้สนใจด้านสะเต็มศึกษาจึงมีความสำคัญอย่างยิ่ง นอกจากนี้การกระตุ้นให้สังคมตระหนักถึงความสำคัญของสะเต็มศึกษา ก่อให้เกิดกลไกในการพัฒนากำลังคนด้านวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรม ซึ่งช่วยผลักดันให้เกิดนโยบายแห่งชาติเพื่อรองรับระบบนวัตกรรมของประเทศได้

จากความสำคัญในการพัฒนาเยาวชนและประเทศชาติข้างต้น กระทรวงศึกษาธิการจึงได้กำหนดมาตรการสะเต็มศึกษาในการยกระดับคุณภาพทางการศึกษาไว้ 4 ประการ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2559) ดังนี้

- 1) ปรับเปลี่ยนวิธีสอนในโรงเรียนให้สอดคล้องกับแนวคิดสะเต็มศึกษาในทุกระดับชั้น
- 2) ยกระดับคุณภาพการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยีให้เท่าเทียมนานาชาติ
- 3) พัฒนาหลักสูตรสะเต็มศึกษาและเอกสารกิจกรรมสะเต็มศึกษาเพื่อให้สถานศึกษาและครูใช้เป็นแนวทาง
- 4) สร้างกำลังคนสายอาชีพสะเต็มศึกษาที่มีคุณภาพให้กับประเทศชาติ

1.2 ความหมายและองค์ประกอบของสะเต็มศึกษา

(1) ความหมายของสะเต็มศึกษา

จากความเป็นมาและเป้าหมายของสะเต็มศึกษาข้างต้น จึงมีนักการศึกษาและหน่วยงานต่าง ๆ ได้กำหนดความหมายของสะเต็มศึกษาให้ชัดเจนมากขึ้น ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ระบุว่า สะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการความรู้ใน 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยเน้นการนำความรู้ไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตจริง รวมทั้งการพัฒนากระบวนการหรือผลผลิตใหม่ที่เป็นประโยชน์ต่อการดำเนินชีวิตและการทำงาน ช่วยให้นักเรียนสร้างความเชื่อมโยงระหว่าง 4 สาขาวิชา กับชีวิตจริงและการทำงาน การจัดการเรียนรู้แบบสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้ที่ไม่เน้นเพียงการท่องจำทฤษฎีหรือกฎทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ แต่เป็นการสร้างความเข้าใจทฤษฎีหรือกฎเหล่านั้น ผ่านการปฏิบัติให้เห็นจริงควบคู่กับการพัฒนาทักษะการคิด การตั้งคำถาม การแก้ปัญหา และการหาข้อมูลและวิเคราะห์ข้อค้นพบใหม่ ๆ รวมทั้งสามารถนำข้อค้นพบนั้นไปใช้หรือบูรณาการกับชีวิตประจำวันได้

สุพรรณิ ชาญประเสริฐ (2557) กล่าวว่า สะเต็มศึกษา คือ การจัดการเรียนรู้ที่มีการบูรณาการวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ โดยบูรณาการพฤติกรรมที่ต้องการหรือคาดหวังให้เกิดขึ้นกับนักเรียนเข้ากับการเรียนรู้เนื้อหา

Vasquez, Comer and Sneider (2013) ระบุว่า สะเต็มศึกษา คือ แนวคิดการเรียนรู้ที่บูรณาการ 4 สาขาวิชา ประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อให้สอดคล้องกับโลกแห่งความเป็นจริง มีความเชื่อมโยงกับประสบการณ์การเรียนรู้ของนักเรียน

Lantz (2009) ระบุว่า สะเต็มศึกษา เป็นการบูรณาการสาขาวิชาทั้ง 4 ประกอบด้วย วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ให้เป็นหนึ่งสาขาวิชา เพื่อให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความรู้ที่ได้เรียนรู้โลกแห่งความเป็นจริง

โดยสรุปแล้ว สะเต็มศึกษา คือ แนวคิดในการจัดการเรียนรู้ที่บูรณาการ 4 สาขาวิชา ได้แก่ วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ผสมผสานกัน เพื่อให้ให้นักเรียนได้สร้างผลงานอาจเป็นวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตจริง โดยนักเรียนได้เรียนรู้เนื้อหาและทักษะในสาขาวิชาไปพร้อมกันด้วย

(2) องค์ประกอบของสะเต็มศึกษา

จากความหมายของสะเต็มศึกษาข้างต้น ชี้ให้เห็นถึงองค์ประกอบสำคัญของสะเต็มศึกษา ซึ่งประกอบด้วยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ซึ่งมีหน่วยงานและนักการศึกษาได้ให้นิยามในแต่ละองค์ประกอบไว้ดังนี้

ราชบัณฑิตยสถาน (2554) ได้ให้ความหมายของวิชาต่าง ๆ ตามองค์ประกอบของสะเต็มศึกษาไว้ดังนี้

1) วิทยาศาสตร์ คือ ความรู้ที่ได้จากการสังเกตและค้นคว้าจากปรากฏการณ์ธรรมชาติแล้วจัดเข้าเป็นระเบียบ หรือวิชาที่ค้นคว้าได้ด้วยหลักฐานและเหตุผลแล้วจัดเข้าระเบียบ

2) เทคโนโลยี คือ วิทยาการที่นำเอาความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้ให้เกิดประโยชน์ในทางปฏิบัติและอุตสาหกรรม

3) วิศวกรรมศาสตร์ คือ วิชาที่เกี่ยวกับการนำความรู้ทางคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ธรรมชาติมาประยุกต์ใช้

4) คณิตศาสตร์ คือ วิชาที่ว่าด้วยการคำนวณ (คำนวณ คือ การคิดหาเหตุผลด้วยวิธีเลข)

Reeve (2015) ได้ให้ความหมายของวิชาต่าง ๆ ตามองค์ประกอบของสะเต็มศึกษาไว้ ดังนี้

1) วิทยาศาสตร์ คือ การศึกษาสิ่งที่มีอยู่ในโลกของธรรมชาติ ประกอบด้วย กฎของธรรมชาติ ซึ่งเกี่ยวข้องกับฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา โดยวิทยาศาสตร์หมายรวมถึงองค์ความรู้ที่เกิดจากการสะสมมาเป็นเวลานาน รวมทั้งกระบวนการสร้างองค์ความรู้ใหม่

2) เทคโนโลยี คือ การปรับเปลี่ยนสิ่งที่มีอยู่ในโลกธรรมชาติเพื่อตอบสนองต่อความต้องการของมนุษย์ นอกจากนี้เทคโนโลยียังเป็นการนำนวัตกรรมมาใช้ในการสร้างความรู้และใช้ดำเนินการเพื่อแก้ปัญหา ตลอดจนใช้ในการขยายศักยภาพของมนุษย์ ดังนั้นเทคโนโลยีอาจหมายถึง การนำอุปกรณ์ต่าง ๆ ที่มนุษย์สร้างขึ้นมาใช้ในการอำนวยความสะดวกในการแก้ปัญหาหรือการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ วิศวกรรมศาสตร์ มาใช้สร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหา

3) วิศวกรรมศาสตร์ คือ การประยุกต์คณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างเทคโนโลยี โดยวิศวกรรมศาสตร์เกี่ยวข้องกับการออกแบบและการสร้างแบบจำลองผลิตภัณฑ์ อุปกรณ์ กระบวนการ และระบบ ซึ่งต้องมีการใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

4) คณิตศาสตร์ คือ การใช้เลขจำนวน สมการ ฟังก์ชัน รูปร่างเรขาคณิต แบบแผน และความสัมพันธ์ โดยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และวิศวกรรมศาสตร์ ใช้คณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการศึกษา

วชิร ศรีคุ้ม (2558) ได้ให้ความหมายของวิชาต่าง ๆ ตามองค์ประกอบของสะเต็มศึกษาไว้ดังนี้

1) วิทยาศาสตร์ คือ ความรู้เกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ในธรรมชาติทั้งที่มีชีวิตและไม่มีชีวิต รวมทั้งกระบวนการประมวลความรู้เชิงประจักษ์ ที่เรียกว่า กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และกลุ่มขององค์ความรู้ที่ได้จากกระบวนการดังกล่าว

2) คณิตศาสตร์ คือ การศึกษาเกี่ยวกับรูปแบบของโครงสร้างการเปลี่ยนแปลง ปริภูมิ รูปร่าง และจำนวน

3) วิศวกรรมศาสตร์ คือ วิชาที่เรียนรู้เกี่ยวกับการประยุกต์ใช้ความรู้เพื่อสนองความต้องการของมนุษย์ด้วยการใช้องค์ความรู้ต่าง ๆ เช่น การใช้วิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์เพื่อพัฒนาสิ่งต่าง ๆ ผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ได้ผลผลิตออกมา คือ เทคโนโลยี

4) เทคโนโลยี คือ ผลผลิตของวิศวกรรม ซึ่งได้รับมาจากการประยุกต์ใช้ความเข้าใจเรื่องธรรมชาติกับพฤติกรรมมนุษย์ในการออกแบบแนวทางต่าง ๆ เพื่อสร้างความพึงพอใจและเพื่อสนองความต้องการของมนุษย์ โดยเกณฑ์ที่ใช้ตัดสินว่าสิ่งใดเป็นเทคโนโลยี มี 2 ข้อ คือ 1) มนุษย์ต้องสร้างขึ้นผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม 2) สิ่งที่สร้างขึ้นสามารถแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการของมนุษย์ได้

สุธีระ ประเสริฐสรณ์ (2558) ได้อธิบายถึงองค์ประกอบของเต็มศึกษา รวมทั้งยกตัวอย่างประกอบ โดยเน้นอธิบายด้านเทคโนโลยีและวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งระบุไว้ดังนี้

1) วิศวกรรมศาสตร์ เป็นศาสตร์ที่ต้องทำความเข้าใจวิทยาศาสตร์ผ่านคณิตศาสตร์ โดยมีเทคโนโลยีเป็นเป้าหมาย โดยทำงานภายใต้เงื่อนไขและข้อจำกัดเพื่อออกแบบและสร้างสรรค์ให้เกิดระบบการทำงานที่เหมาะสมที่สุด

2) เทคโนโลยี ในบริบทของแนวคิดสะเต็มศึกษามี 2 แบบ ดังนี้

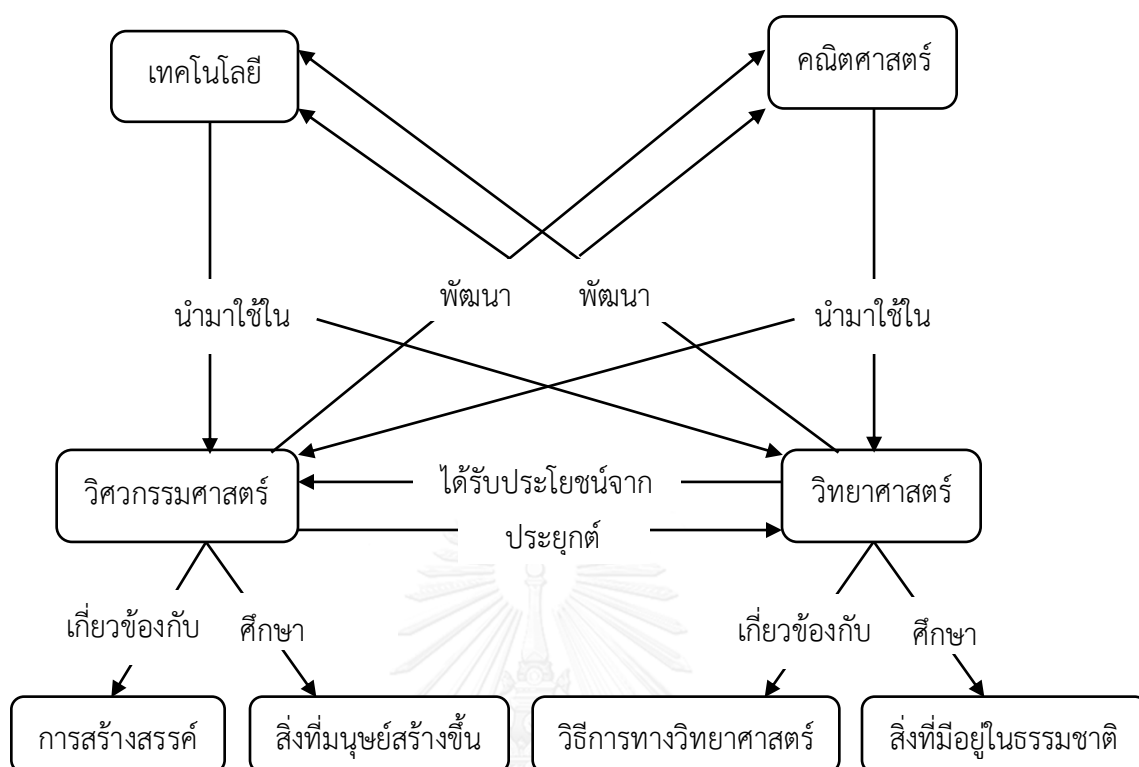
แบบที่ 1 เทคโนโลยีเป็นผลปลายทางของวิศวกรรมศาสตร์ ซึ่งหมายถึง สิ่งประดิษฐ์ที่ทำงานแก้ปัญหาได้ โดยการสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่จัดเป็นเทคโนโลยีนั้น ต้องระบุคำถามสำคัญ 5 ข้อได้ อันได้แก่ 1) สิ่งประดิษฐ์เดิมคืออะไร 2) สิ่งประดิษฐ์เดิมมีข้อด้อยอะไรที่ต้องการแก้ไข และเลือกแก้อะไร เพราะอะไร 3) หลักการที่ใช้แก้ข้อด้อยมีอะไรบ้าง และเลือกหลักการใด เพราะอะไร 4) มีวิธีนำหลักการไปประยุกต์เข้าสู่สิ่งประดิษฐ์ได้อย่างไร 5) มีวิธีพิสูจน์อย่างไรว่าสิ่งประดิษฐ์ได้รับการพัฒนาดีกว่าแบบเดิมแล้ว

แบบที่ 2 เทคโนโลยีเป็นการที่วิศวกรนำเทคโนโลยีที่มีอยู่มาแล้ว มาใช้ประโยชน์ในการสร้างหรือพัฒนาสิ่งต่าง ๆ เช่น การใช้เทคโนโลยี GPS มาใช้พัฒนาเป็นนวัตกรรมการติดตามรถโดยสาร หรือการนำเทคโนโลยีการเคลื่อนฟิล์มไทเทเนียมออกไซด์มาใช้ทำที่จับประตูมาซื้อได้เอง สิ่งเหล่านี้ จัดเป็นเทคโนโลยีที่ถูกใช้โดยวิศวกรรมศาสตร์

เมื่อพิจารณาบริบทของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในระดับมัธยมศึกษาแล้ว นิยามของเทคโนโลยี ในองค์ประกอบของสะเต็มศึกษา ควรจะเป็นแบบที่ 2 คือ การเรียนรู้และนำเทคโนโลยีมาใช้แก้ปัญหาให้เป็น ซึ่งส่งเสริมการเรียนรู้เทคโนโลยี

โดยสรุปแล้ว วิชาต่าง ๆ ที่อยู่ใ้องค์ประกอบของสะเต็มศึกษาล้วนแต่มีความเกี่ยวข้องและเชื่อมโยงกันอย่างเป็นระบบ อาจกล่าวได้ว่า สะเต็มศึกษา เป็นแนวคิดในการเรียนรู้เรื่องต่าง ๆ ผ่านสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับชีวิตจริง โดยต้องใช้ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ร่วมกับการนำเทคโนโลยีต่าง ๆ มาใช้ในการสร้างสรรค์ผลงานเพื่อแก้ปัญหาผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม ผลงานที่ได้ออกมาจัดเป็นเทคโนโลยีเช่นกัน เพราะเป็นผลมาจากกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

จากการศึกษาองค์ประกอบของสะเต็มศึกษา สะท้อนให้เห็นถึงความเชื่อมโยงและความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์อย่างเป็นระบบ ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 ความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์

(ที่มา: Thornburg, 2008)

จากภาพที่ 1 แสดงให้เห็นว่า ทั้ง 4 สาขาวิชา มีความเชื่อมโยงและสัมพันธ์กัน กล่าวคือ วิทยาศาสตร์ได้รับประโยชน์จากการสร้างสรรค์วิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์จากกระบวนการทางวิศวกรรม ในขณะที่วิศวกรรมศาสตร์ต้องอาศัยการประยุกต์ความรู้วิทยาศาสตร์มาใช้ในการสร้างสรรค์ผลงาน อย่างไรก็ตามวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ต้องอาศัยเทคโนโลยีและคณิตศาสตร์มาใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษา โดยวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ยังส่งผลต่อความเจริญก้าวหน้าและการพัฒนาทางเทคโนโลยีและคณิตศาสตร์ (Thornburg, 2008) เมื่อพิจารณาความแตกต่างระหว่างวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในแง่ของการปฏิบัติการ จะเห็นได้ว่า วิศวกรรมศาสตร์เกี่ยวข้องกับการสร้างสรรค์วิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการของมนุษย์ ในขณะที่วิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับการศึกษาสิ่งที่อยู่ในธรรมชาติหรือปรากฏการณ์ทางธรรมชาติเพื่อสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์นำไปสู่การสร้างทฤษฎี โดย National Research Council (2012) ได้เปรียบเทียบวิธีการปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์วิศวกรรมศาสตร์ สรุปได้ดังนี้

1. การตั้งคำถามและนิยามปัญหา

การปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์จะเน้นการคำถามที่มีต่อปรากฏการณ์ธรรมชาติเพื่อหาคำตอบ โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์เพื่อพิสูจน์ยืนยันคำตอบ เพื่อนำไปสู่การสร้างทฤษฎี ในขณะที่การปฏิบัติทางวิศวกรรมศาสตร์จะเน้นการทำความเข้าใจกับปัญหาเพื่อหาทางแก้ไขที่เหมาะสมกับ

บริบทหรือเหตุการณ์นั้น กล่าวคือ วิธีการแก้ปัญหาต้องสามารถบรรลุผลเป้าหมายได้ตามเกณฑ์ สอดคล้องกับข้อจำกัดของบริบทนั้น เช่น งบประมาณ ระยะเวลา ความปลอดภัย

2. การพัฒนาและใช้แบบจำลอง

การปฏิบัติทางวิทยาศาสตร์จะเน้นการสร้างและใช้แบบจำลองเพื่อสร้างคำอธิบาย ทางวิทยาศาสตร์ในปรากฏการณ์นั้น ๆ นำไปสู่การตั้งสมมติฐานและตรวจสอบสมมติฐาน ในขณะที่ การปฏิบัติการทางวิศวกรรมศาสตร์จะเน้นการใช้แบบจำลองเพื่อวิเคราะห์ข้อบกพร่องของวิธีการ แก้ปัญหา และทดสอบความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา

3. เป้าหมายของการปฏิบัติการ

การปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์มีเป้าหมายเพื่อการสร้างทฤษฎีที่สามารถให้คำอธิบาย เกี่ยวกับธรรมชาติโดยทฤษฎีที่ได้รับการยอมรับต้องอธิบายได้ดีกว่าทฤษฎีเดิม นำมาซึ่งความเข้าใจที่ ศึกษามากขึ้น ซึ่งนักวิทยาศาสตร์สร้างคำอธิบายในปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยอาศัยความรู้และความเข้าใจ ทางวิทยาศาสตร์ผ่านการใช้หลักฐานที่มีอยู่ ในขณะที่การปฏิบัติการทางวิศวกรรมศาสตร์มีเป้าหมาย เพื่อออกแบบและสร้างผลงานขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาโดยอาศัยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม โดย วิธีการแก้ปัญหาต้องคำนึงถึงต้นทุน ค่าใช้จ่าย ความปลอดภัย จรรยาบรรณ และระเบียบกฎหมาย ดังนั้นจึงไม่มีวิธีแก้ปัญหที่ดีที่สุด แต่มีวิธีแก้ปัญหที่เหมาะสมที่สุดกับบริบทหรือสถานการณ์ในขณะนั้น

กล่าวโดยสรุป การปฏิบัติการทางวิศวกรรมศาสตร์มีความแตกต่างจากวิทยาศาสตร์ โดย วิศวกรนิยามปัญหาเพื่อนำไปสู่การหาวิธีการแก้ปัญหาภายใต้ข้อจำกัดและมีเกณฑ์ชี้วัดความสำเร็จ โดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม รวมทั้งการคำนึงถึงความคุ้มทุน ความปลอดภัย จรรยาบรรณ ระเบียบกฎหมาย ขณะที่นักวิทยาศาสตร์เน้นการตั้งคำถามเพื่อสร้างคำอธิบายนำไปสู่ การสร้างทฤษฎีเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ แต่ทั้งวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์มีสิ่งที่เหมือนกัน คือ การใช้เหตุผลในการสนับสนุน กระบวนการเก็บรวบรวมข้อมูล การประเมินผล และการสื่อสารข้อมูล

1.3 ทฤษฎีและหลักการที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเน้นให้ผู้เรียนได้เผชิญหน้ากับสถานการณ์ ปัญหาเพื่อนำไปสู่การฝึกทักษะที่สำคัญและสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านการสร้างสรรค์ผลงาน ดังนั้น การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจึงมีทฤษฎีมาสนับสนุนการเรียนรู้ของนักเรียน รวมทั้งมี หลักการในการจัดการเรียนรู้ที่เฉพาะเจาะจง นำเสนอ 2 ประเด็นคือ 1) ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุน การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 2) หลักการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ทฤษฎีการเรียนรู้ที่สนับสนุนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

จากการศึกษาตำราและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบว่า การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง สร้างสรรค์ผลงาน มาใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ต่าง ๆ ลักษณะการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวสอดคล้องกับทฤษฎีคอนสตรัคชันนิซึมของ Papert (1989) โดยมีรายละเอียดดังนี้

ทฤษฎีคอนสตรัคชันนิซึม (constructionism) เกิดจากการนำทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองของเพียเจท์ มาสร้างเป็นทฤษฎีคอนสตรัคชันนิซึม ซึ่งทฤษฎีนี้อยู่บนพื้นฐานที่ว่า การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีหากผู้เรียนได้มีส่วนร่วมในการสร้างผลิตภัณฑ์ที่มีความหมายกับตนเอง เมื่อมีการสร้างผลงานออกมาแล้ว ก็จะถือว่านักเรียนได้สร้างความรู้ด้วยตนเองด้วย

ทฤษฎีคอนสตรัคชันนิซึม เป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบายกระบวนการการเรียนรู้ของมนุษย์ มีใจความว่า การเรียนรู้จะเกิดขึ้นได้ดีหากนักเรียนได้มีการลงมือกระทำด้วยตนเองร่วมกับการได้รับประสบการณ์และสิ่งแวดล้อมจากภายนอกด้วย กล่าวคือ ผู้เรียนจะเก็บเกี่ยวประสบการณ์และบันทึกความรู้จากสิ่งแวดล้อมภายนอกเข้าไปเก็บไว้ในโครงสร้างความรู้ภายในสมองของตนเอง โดยนักเรียนสามารถนำเอาความรู้ดังกล่าวออกมาใช้ภายนอกได้อีกด้วย ซึ่งจะเกิดขึ้นในลักษณะเป็นวงจรต่อกันไป

การเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเอง นักเรียนสามารถมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างองค์ความรู้เดิมในโครงสร้างความรู้ในสมองของตนเองกับองค์ความรู้ใหม่ที่เกิดขึ้นจากการสังเกตปรากฏการณ์ในสิ่งแวดล้อม ประสบการณ์ และบรรยากาศแวดล้อมจะเอื้อให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองได้ดีขึ้น

จากกระบวนการเรียนรู้ที่กล่าวไปในข้างต้น สะท้อนให้เห็นว่ากระบวนการเรียนรู้ของมนุษย์ประกอบด้วยกระบวนการสำคัญ 2 ขั้นตอน ดังนี้

1) กระบวนการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

การที่นักเรียนนำเอาความรู้เข้าสู่โครงสร้างความรู้ภายในสมองของตนเองแล้ว จะต้องเกิดการแปลความหมายของประสบการณ์ที่ได้รับ เกิดเป็นองค์ความรู้ที่สร้างขึ้นด้วยตนเอง หากเพียงแค่ว่ารับข้อมูลเข้ามาในสมองเพียงอย่างเดียว โดยไม่มีการแปลความหมาย กระบวนการดังกล่าวจะไม่จัดเป็นการสร้างความรู้ด้วยตนเอง

2) กระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการลงมือปฏิบัติตัวเอง

การที่นักเรียนได้มีประสบการณ์ตรงในการเก็บเกี่ยวองค์ความรู้จากสิ่งแวดล้อมหรือเหตุการณ์ใด ๆ ก็ตาม จากนั้นนักเรียนได้มีโอกาสแปลความหมายของสิ่งที่ตนได้รับจากประสบการณ์นั้น หรือการนำความรู้ที่ได้รับไปใช้สร้างผลงานขึ้นมาด้วยความชอบหรือความถนัดของตนเอง กระบวนการดังกล่าว จะทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่เกิดเป็นองค์ความรู้ที่สร้างด้วยตนเองได้ดีขึ้น การที่ผู้เรียนได้มีโอกาสเป็นผู้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเองด้วยความสนใจและความต้องการของตัวผู้เรียนเองนี้จะส่งผลให้กระบวนการเรียนรู้เกิดขึ้นอย่างมีประสิทธิภาพสูงสุด

ตัวอย่างเช่น การที่มนุษย์มีความสนใจที่จะแก้ปัญหาในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง มนุษย์จะมีความมุ่งมั่นและตั้งใจที่จะต้องลงมือแก้ปัญหานั้นให้สำเร็จด้วยตนเอง

กล่าวโดยสรุป ทฤษฎีคอนสตรัคชันนิซึม เป็นทฤษฎีที่ใช้อธิบายกระบวนการเรียนรู้ของมนุษย์ที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริงด้วยตนเองในการเข้าไปมีส่วนร่วมกับเหตุการณ์หรือสิ่งแวดล้อม นักเรียนมีโอกาสได้สังเกตและเก็บเกี่ยวองค์ความรู้จากสิ่งแวดล้อม ทำให้ผู้เรียนได้รับประสบการณ์ที่สามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ นำไปสู่การสร้างความรู้ด้วยตนเอง กล่าวคือ นักเรียนมีโอกาสนำความรู้ไปใช้ในการแปลความหมายใหม่ด้วยตนเอง หรือนำไปใช้สร้างผลงานขึ้นมาด้วยตนเอง กระบวนการที่เกิดขึ้นเป็นไปด้วยความมุ่งมั่นและตั้งใจของนักเรียนเอง

หลักการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

เนื่องด้วยการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีทฤษฎีคอนสตรัคชันนิซึมเป็นพื้นฐาน ดังนั้นการจัดการเรียนรู้จึงเน้นการลงมือปฏิบัติจริง ดังในงานวิจัยของสุรัตน์ แทนประเสริฐกุล (2558) ที่จัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีคอนสตรัคชันนิซึม ซึ่งเน้นให้ผู้เรียนเริ่มต้นการเรียนรู้ด้วยปัญหาจากสถานการณ์ใกล้ตัว จากนั้นนักเรียนเรียนรู้แบบบูรณาการข้ามสาขาวิชาเพื่อนำเอาความรู้ศาสตร์ต่าง ๆ มาใช้ในการแก้ปัญหา นำไปสู่การวางแผนการทำงาน สรุปผลการทำงานเพื่อนำไปสู่การสื่อสารความรู้สู่ชุมชนด้วยการจัดนิทรรศการ สุดท้ายมีการประเมินผลและต่อยอดองค์ความรู้ไปสู่โครงการใหม่ จึงเรียกได้ว่าเป็นการเรียนรู้ที่ไม่มีที่สิ้นสุด

จากการศึกษาทฤษฎีและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามุ่งเน้นการสร้างผลงานมาใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ นักเรียนจำเป็นต้องใช้ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ ในการสร้างผลงานเพื่อแก้ปัญหา ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจึงจำเป็นต้องเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการโดย Vasquez, Comer and Sneider (2013) แบ่งไว้ 4 ระดับ ดังนี้

- 1) การบูรณาการภายในวิชา หมายถึง นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาของสะเต็มแยกกัน
- 2) การบูรณาการพหุวิทยาการ หมายถึง นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของแต่ละวิชาของสะเต็มแยกกันผ่านหัวข้อหลัก โดยการอ้างอิงถึงหัวข้อหลักในการสอน ทำให้นักเรียนเห็นความเชื่อมโยงระหว่างเนื้อหาวิชากับหัวข้อหลัก
- 3) การบูรณาการสหวิทยาการ หมายถึง นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะที่มีความสอดคล้องกันของวิชาที่เกี่ยวข้องร่วมกันผ่านกิจกรรมช่วยให้นักเรียนได้เห็นความสอดคล้องและสัมพันธ์กันของวิชาเหล่านั้น
- 4) การบูรณาการข้ามวิชา หมายถึง การที่นักเรียนได้เรียนเนื้อหาและฝึกทักษะของสี่วิชาและประยุกต์ความรู้และทักษะเหล่านั้น ในการแก้ปัญหาในชีวิตจริงและสร้างประสบการณ์การเรียนรู้ของตนเอง

จากการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ต้องเน้นการสร้างผลงานและการบูรณาการแล้ว ยังต้องคำนึงถึงการออกแบบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่ต้องเอื้อให้ผู้เรียนเป็นผู้รู้สะเต็ม ดังที่ Vasquez, Comer and Sneider (2013: 18-19) ได้แนะนำหลักการของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไว้ 5 หลัก ดังนี้

1) มุ่งไปที่การบูรณาการ กล่าวคือ การผนวกสองสาขาวิชาขึ้นไป สามารถช่วยให้นักเรียนมองเห็นความสัมพันธ์ของวิชาต่าง ๆ รวมทั้งช่วยให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ไปสู่การสร้างวิธีการแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ เมื่ออยู่ในโอกาสที่ต้องเผชิญกับสถานการณ์ปัญหาต่าง ๆ

2) แสดงให้เห็นถึงความสัมพันธ์ กล่าวคือ นักเรียนต้องมองเห็นความสำคัญของความรู้และการใช้ประโยชน์จากความรู้ที่ตนมี รวมทั้งการมองว่าสถานการณ์ในโลกแห่งความเป็นจริงมีความสัมพันธ์กับความรู้หรือทักษะที่ตนมีอย่างไร ตลอดจนการทราบว่าตนเองต้องพัฒนาทักษะด้านใดเพื่อให้มีอาชีพที่สามารถทำงานได้ในโลกแห่งความเป็นจริง

3) ให้ความสำคัญกับทักษะในศตวรรษที่ 21 กล่าวคือ ในโลกปัจจุบันและอนาคต การทำงานอาจไม่สำคัญว่าต้องใช้ความรู้มากเท่าใด แต่สำคัญตรงที่ว่าบุคคลสามารถเข้าถึงข้อมูลได้อย่างมีประสิทธิภาพหรือไม่เมื่อต้องการนำข้อมูลดังกล่าวไปใช้แก้ปัญหา รวมทั้งการมีความสามารถในการสื่อสารความคิด การทำงานเป็นทีม การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การคิดสร้างสรรค์ ทักษะที่กล่าวมานี้คือ ทักษะในศตวรรษที่ 21

4) ทำหายนักเรียน กล่าวคือ ครูวางแผนในการกำหนดภาระงานให้นักเรียนมีความท้าทาย ซึ่งต้องไม่ยากเกินไปจนนักเรียนล้มเลิกและไม่ง่ายเกินไปจนเกิดความเบื่อหน่าย ภาระงานที่วางนี้ ต้องแสดงให้เห็นถึงการใช้ทักษะในศตวรรษที่ 21 โดยนักเรียนทุกคนต้องมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมในแต่ละภาระงาน

5) การผสมผสานวิธีการจัดการเรียนรู้ กล่าวคือ ผลการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นจากหน่วยการเรียนรู้สะเต็มศึกษา จะเห็นได้จากการที่นักเรียนนำเสนอความรู้ได้ด้วยวิธีการที่หลากหลาย นักเรียนเกิดการแบ่งปันความรู้และถ่ายทอดทักษะที่ตนเชี่ยวชาญให้เพื่อน ซึ่งการจะทำให้ นักเรียนเกิดความสนุกสนานที่จะเรียนรู้ อาจใช้แนวทางการจัดการเรียนรู้ 2 แนวทางประกอบกัน คือ 1) แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน โดยนักเรียนได้รับปัญหาที่ต้องหาทางแก้ไขอย่างสร้างสรรค์ และ 2) แบบใช้โครงงานเป็นฐาน โดยนักเรียนต้องกำหนดการเรียนรู้และสืบค้นด้วยตนเองและต้องสามารถประเมินโครงงานของตนเองด้วย

1.4 รูปแบบกิจกรรมและขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามุ่งเน้นการสร้างผลงานเพื่อแก้ปัญหาหรือตอบสนองความต้องการของมนุษย์ ซึ่งจุดเด่นที่ชัดเจนของการจัดการเรียนการสอนเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา คือ การผนวกกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมเข้ากับการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี กล่าวคือ ในขณะที่นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อพัฒนาความรู้ความเข้าใจและฝึกทักษะด้านวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ และเทคโนโลยี นักเรียนต้องมีโอกาสนำความรู้มาออกแบบวิธีการหรือกระบวนการเพื่อตอบสนองความต้องการหรือแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันเพื่อให้

ได้เทคโนโลยี ซึ่งเป็นผลผลิตจากกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2557) โดยหัวข้อนี้นำเสนอ 2 ประเด็นคือ 1) ลักษณะเฉพาะของกิจกรรมสะเต็มศึกษา 2) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ลักษณะเฉพาะของกิจกรรมสะเต็มศึกษา

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีรูปแบบกิจกรรมการเรียนรู้ที่มีรูปแบบเฉพาะ ซึ่งแตกต่างจากกิจกรรมทางวิทยาศาสตร์โดยทั่วไป ประกอบด้วย 6 ข้อ ดังนี้ (วชิร ศรีคุ้ม, 2558)

1) สถานการณ์ (situations) เป็นเรื่องราวที่มีความสมเหตุสมผล เชื่อมโยงกับชีวิตจริง ยิ่งมีความใกล้เคียงกับชีวิตจริงมากเท่าใด นักเรียนสามารถเชื่อมโยงกับประสบการณ์ชีวิตได้ดีและมีความน่าสนใจมากเท่านั้น

2) สิ่งท้าทาย (challenge) เป็นสิ่งที่กระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการทำกิจกรรมและกระตุ้นความคิดสร้างสรรค์ในการหาทางแก้ปัญหาในสถานการณ์

3) เกณฑ์ (criteria) เป็นการสิ่งที่ใช้ชีวิตหรือกำหนดความสำเร็จในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์

4) ข้อจำกัด (constrains) เป็นปัจจัยที่นักเรียนต้องคำนึงถึงในการทำกิจกรรมเพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์ ได้แก่ วัสดุอุปกรณ์ เวลาที่ใช้ จำนวนคนในทีม ต้นทุน ความเสี่ยง ซึ่งนักเรียนต้องแก้ปัญหาภายใต้ข้อจำกัดที่มีอยู่แต่ต้องบรรลุเกณฑ์ที่ตั้งไว้ เพื่อนำไปสู่การหาสมดุลของความสำเร็จหรือ criteria trade off

5) การประเมินผล (evaluations) เป็นขั้นตอนที่สำคัญมากที่สุด เป็นการประเมินนักเรียนในเรื่องของประสิทธิภาพของกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมและการบรรลุผลสำเร็จของการแก้ปัญหา โดยครูผู้สอนอาจประเมินนักเรียนด้วยการให้อธิบายองค์ความรู้และทักษะที่ได้จากกิจกรรม

6) จุดเชื่อมโยง (link point) การทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาแต่ละขั้นตอนมีการสอดแทรกหรือเชื่อมโยงด้วยคำถามให้นักเรียนทราบถึงองค์ความรู้ที่เกี่ยวข้องกับสะเต็มศึกษาเพื่อให้กิจกรรมมีความสมบูรณ์และเชื่อมโยงกับชีวิตจริงมากขึ้น

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา ใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งมีหน่วยงานและนักการศึกษาหลายท่านได้เสนอไว้ดังต่อไปนี้

1) กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของ Roderic (2001) ประกอบด้วย 8 ขั้นตอน ดังนี้

- (1) ขั้นระบุปัญหา (define the problem) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องระบุปัญหาจากสถานการณ์
- (2) ขั้นค้นหา (explore) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อหาวิธีการแก้ปัญหา
- (3) ขั้นระบุข้อจำกัด (constrains) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องพิจารณาสถานการณ์ปัญหาว่ามีข้อกำหนดหรือเงื่อนไขใดบ้าง
- (4) ขั้นออกแบบ (design) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องออกแบบวิธีการแก้ปัญหาให้สอดคล้องกับข้อจำกัดที่ได้กำหนดไว้
- (5) ขั้นประเมิน (evaluation) เป็นขั้นการเปรียบเทียบวิธีการแก้ปัญหาที่ได้ออกแบบไว้ในแต่ละวิธี แล้วเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุด
- (6) ขั้นแบ่งหน้าที่ (delegation) เป็นขั้นที่สมาชิกในกลุ่มต้องแบ่งบทบาทหน้าที่กันในการปฏิบัติงาน
- (7) ขั้นกำหนดงานให้จำเพาะ (specification) เป็นขั้นที่ต้องกำหนดขั้นตอนการแก้ปัญหาให้เฉพาะเจาะจงลงไป
- (8) ขั้นทดสอบ (test) นำวิธีการแก้ปัญหาไปทดสอบการแก้ปัญหาจริงตามแผนที่วางไว้

2) กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของ Museum of Science (2007) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้

- (1) ขั้นตั้งคำถาม (ask) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข รวมทั้งพิจารณาว่าต้องใช้วิธีการใดจึงจะแก้ปัญหาได้สำเร็จภายใต้เงื่อนไขของสถานการณ์นั้น
- (2) ขั้นจินตนาการ (imagine) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องสร้างวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายแล้วพิจารณาเลือกวิธีที่เหมาะสมที่สุด
- (3) ขั้นวางแผน (plan) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องระบุขั้นตอนการแก้ปัญหา กำหนดวัสดุ อุปกรณ์และเครื่องมือที่ต้องใช้
- (4) ขั้นสร้างสรรค์ (create) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนต้องปฏิบัติตามแผนงานเพื่อสร้างสรรค์วิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์มาใช้ในการแก้ปัญหา
- (5) ขั้นปรับปรุง (improve) เป็นขั้นทดสอบการแก้ปัญหาเพื่อหาข้อดีและข้อบกพร่องนำไปสู่การต่อยอดวิธีการแก้ปัญหาที่ดีขึ้นต่อไป

3) กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมของ Capraro et al. (2013) มี 7 ขั้นตอน ดังนี้

(1) ขั้นระบุปัญหาและข้อจำกัด (identify problem and constraints) ผู้สอนนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับชีวิตจริง โดยนักเรียนระบุแก้ปัญหาจากสถานการณ์ การแก้ปัญหาดังกล่าว อาจเป็นวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์โดยนักเรียนในกลุ่มระบุข้อจำกัดของการแก้ปัญหาและเกณฑ์ที่ชีวิตผลสำเร็จของการแก้ปัญหา

(2) ขั้นศึกษาค้นคว้า (research) เมื่อนักเรียนระบุจากสถานการณ์แล้ว ผู้สอนจัดให้มีกิจกรรมการเรียนรู้และการปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนต้องใช้ความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลและจัดกระทำข้อมูล รวมทั้งการสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ การใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์หรือแอปพลิเคชันต่าง ๆ เพื่อนำมาซึ่งการได้ข้อมูลที่จำเป็นต่อการออกแบบวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์โดยสอดคล้องกับข้อจำกัดและการบรรลุเกณฑ์ชีวิตความสำเร็จที่ได้กำหนดไว้

(3) ขั้นคิดออกแบบ (ideate) เมื่อนักเรียนทำการศึกษาค้นคว้าอย่างละเอียดถี่ถ้วนแล้ว นักเรียนแต่ละคน ในกลุ่มนำข้อมูลที่ได้จากการศึกษาค้นคว้ามาออกแบบวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ โดยให้มีความคิดหลากหลายมากที่สุด รวมทั้งระบุความเป็นไปได้ในแต่ละความคิดอย่างมีเหตุผล

(4) ขั้นวิเคราะห์ความคิด (analyse Ideas) หลังจากที่นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มคิดออกแบบมาแล้ว ในขั้นนี้นักเรียนช่วยกันวิเคราะห์และอภิปรายร่วมกันถึงวิธีการแก้ปัญหาแต่ละแบบ โดยมีเป้าหมายเพื่อการได้มาซึ่งวิธีการแก้ปัญหาที่มีความเป็นไปได้มากที่สุดที่จะแก้ปัญหาได้สำเร็จตามเกณฑ์ชีวิตและสอดคล้องกับข้อจำกัดโดยอาจเลือกวิธีการแก้ปัญหาวิธีการใดวิธีการหนึ่งหรือประมวลมาจากวิธีการแต่ละแบบ

(5) ขั้นสร้างผลงาน (build) เมื่อนักเรียนแต่ละคนในกลุ่มวิเคราะห์ความคิดแล้ว ต่อไปนักเรียนนำความคิดดังกล่าว ไปสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่เรียกว่าตัวต้นแบบ (prototype) โดยอาศัยความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เพื่อนำไปสู่การสร้างตัวต้นแบบสำหรับการนำไปทดสอบและปรับปรุงต่อไป

(6) ขั้นทดสอบและปรับปรุง (test and refine) นักเรียนนำตัวต้นแบบไปทดสอบการแก้ปัญหาว่าสามารถบรรลุเป้าหมายของการแก้ปัญหาหรือไม่ รวมทั้งตรวจสอบและบันทึกข้อมูลว่าตัวต้นแบบมีข้อบกพร่องอย่างไรเพื่อนำไปปรับปรุงและพัฒนาตัวต้นแบบให้ดีขึ้นจนสามารถบรรลุเกณฑ์ชีวิตความสำเร็จ โดยมีการประเมินตัวต้นแบบว่า สอดคล้องกับจุดประสงค์หรือไม่หลังจากทดสอบและสังเกตตัวต้นแบบ นักเรียนจะได้ข้อมูลใหม่ที่จะนำไปพัฒนาตัวต้นแบบให้ดีขึ้นโดยนักเรียนจะย้อนกลับไปขั้นคิดออกแบบเพื่อระดมสมองวิเคราะห์และออกแบบตัวต้นแบบเพื่อสร้างตัวต้นแบบใหม่ ทดสอบและปรับปรุงอีกครั้งไปเรื่อย ๆ เป็นวงจร จนกว่าจะได้ตัวต้นแบบสุดท้ายที่บรรลุเกณฑ์ชีวิตและสอดคล้องกับข้อจำกัดเพื่อนำไปใช้ในการแก้ปัญหา

(7) ขั้นสื่อสารและสะท้อนผล (communicate and reflect) นักเรียนนำตัวต้นแบบที่ผ่านการทดสอบและปรับปรุงมาอย่างดีแล้วมานำเสนอหลักการและความคิดของการออกแบบการ

แก้ปัญหา เป็นการเผยแพร่ความคิดสู่สังคม ซึ่งนักเรียนต้องใช้ความรู้และทักษะทางด้านเทคโนโลยีสารสนเทศในการทำสื่ออิเล็กทรอนิกส์สำหรับเผยแพร่ความคิดในลักษณะของนิทรรศการหรือการเผยแพร่สู่โลกออนไลน์ นอกจากนี้นักเรียนมีการอภิปรายร่วมกันเพื่อสะท้อนผลการปฏิบัติงานของกลุ่มนักเรียนเอง

4) กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมตามแนวทางของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) ประกอบด้วย 5 ขั้นตอนดังนี้

(1) การระบุปัญหา (identify a challenge) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหาทำความเข้าใจสิ่งที่ปัญหาในชีวิตประจำวันและจำเป็นต้องหาวิธีการหรือสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหาดังกล่าว

(2) การค้นหาแนวที่เกี่ยวข้อง (explore ideas) การรวบรวมข้อมูลและแนวคิดที่เกี่ยวข้องกับการแก้ปัญหาและประเมินความเป็นไปได้ ความคุ้มค่า ข้อดี ข้อด้อย และความเหมาะสมเพื่อเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุด

(3) การวางแผนและพัฒนา (plan and develop) ผู้แก้ปัญหามust กำหนดขั้นตอนย่อยในการทำงาน รวมทั้งกำหนดเป้าหมายในการดำเนินการให้ชัดเจนในการออกแบบและพัฒนาตัวต้นแบบเพื่อใช้ในการทดสอบวิธีการที่ใช้ในการแก้ปัญหา

(4) การทดสอบและประเมินผล (test and evaluate) เป็นขั้นตอนการทดสอบและประเมินการใช้งานต้นแบบเพื่อแก้ปัญหาโดยผลที่ได้ นำมาใช้ในการปรับปรุงและพัฒนาผลลัพธ์ให้มีประสิทธิภาพในการแก้ปัญหามากขึ้น

(5) การนำเสนอผลลัพธ์ (present the solution) หลังจากการพัฒนาปรับปรุงทดสอบและประเมินวิธีการแก้ปัญหาหรือผลลัพธ์จนมีประสิทธิภาพตามที่ต้องการแล้ว ผู้แก้ปัญหามust นำเสนอผลลัพธ์ต่อสาธารณชนโดยต้องออกแบบวิธีการนำเสนอข้อมูลที่เข้าใจง่ายและน่าสนใจ

กล่าวโดยสรุป กระบวนการออกแบบวิศวกรรมของหน่วยงานและนักการศึกษาแต่ละท่านสะท้อนให้เห็นว่า กระบวนการแต่ละแบบมีขั้นตอนที่แตกต่างกันออกไป แต่ลักษณะเฉพาะที่ปรากฏในทุกกระบวนการคือ การระบุปัญหาจากสถานการณ์เพื่อนำไปสู่การค้นหาวิธีการแก้ไข สร้างวิธีการแก้ปัญหา เลือกใช้วิธีการที่เหมาะสม จากนั้นทดสอบประเมินผลการแก้ปัญหา

1.5 บทบาทของครูและนักเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

จากการศึกษาทฤษฎีการเรียนรู้ หลักการจัดการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา สามารถสรุปบทบาทของครูและนักเรียนตามแนวคิดสะเต็มสามารถสรุปได้ดังในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 บทบาทครูและนักเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. ระบุปัญหาและข้อจำกัด	1. กำหนดสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในสังคมโลกเอื้อให้นักเรียนต้องหาวิธีการหรือสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหา 2. จัดบรรยากาศการเรียนรู้ให้เอื้อต่อการจัดกิจกรรม	1. ทำความเข้าใจกับสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนด นำไปสู่การระบุปัญหา 2. ทำความเข้าใจกับสถานการณ์ปัญหาเพื่อระบุเกณฑ์และข้อจำกัด
2. ศึกษาค้นคว้า	1.แนะนำแหล่งข้อมูลให้นักเรียนได้ศึกษาค้นคว้า 2.จัดกิจกรรมการเรียนรู้และปฏิบัติการทดลองเพื่อให้นักเรียนได้ข้อมูลที่จำเป็นสำหรับการออกแบบการแก้ปัญหา 3.ตรวจสอบข้อมูลที่นักเรียนสืบค้น รวมถึงข้อมูลที่นักเรียนได้จากการทำกิจกรรมการเรียนรู้	1. สืบค้น รวบรวมข้อมูลด้วยวิธีการต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลที่เป็นประโยชน์ต่อการสร้างผลงาน 2. ปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้หรือปฏิบัติการทดลองเพื่อให้ได้ข้อมูลสำหรับการออกแบบการแก้ปัญหา
3. คิดออกแบบ	1.กระตุ้นนักเรียนเป็นรายกลุ่ม และรายบุคคลให้ออกแบบการแก้ปัญหา 2.ตรวจสอบความเป็นไปได้ของแต่ละวิธีการแก้ปัญหาที่นักเรียนคิด	1.นักเรียนในแต่ละกลุ่มระดมสมองเพื่อคิดออกแบบในการค้นหาวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายนำไปสู่การสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหา

ตารางที่ 1 บทบาทครูและนักเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
4) วิเคราะห์ความคิด	1. ตรวจสอบความเป็นไปได้ของวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดที่นักเรียนแต่ละกลุ่มเลือกใช้	1. นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายเพื่อนำไปสู่การตัดสินใจเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดสอดคล้องกับข้อจำกัดและมีความเป็นไปได้ที่จะบรรลุเกณฑ์ที่กำหนดไว้
5) สร้างผลงาน	1. สังเกตการปฏิบัติงานของนักเรียนแต่ละกลุ่ม 2. เป็นที่ปรึกษาและให้คำแนะนำในการปฏิบัติงานของนักเรียนแต่ละกลุ่ม 3. ดูแลความเรียบร้อยในการปฏิบัติงานของนักเรียน 4. กระตุ้นให้นักเรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการปฏิบัติงาน	1. นักเรียนแต่ละกลุ่มแบ่งบทบาทหน้าที่และความรับผิดชอบในการสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ 2. เขียนบันทึกผลในทุกขั้นตอนของการปฏิบัติงานลงในแบบบันทึกกิจกรรม
6) ทดสอบและปรับปรุง	1. จัดสภาพแวดล้อมเพื่อเอื้อให้นักเรียนสามารถทดสอบวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ได้ 2. ประเมินผลการสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ของนักเรียนแต่ละกลุ่ม 3. ให้คำแนะนำนักเรียนในการทดสอบและปรับปรุงวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์	1. นำวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่เป็นตัวต้นแบบ มาทดสอบในสภาพแวดล้อมที่ครูได้จัดเตรียมไว้ 2. สังเกตข้อดีและข้อบกพร่องของวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงให้ดีขึ้น

ตารางที่ 1 บทบาทครูและนักเรียนตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (ต่อ)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
7) สื่อสารและสะท้อนผล	1. จัดหาโอกาสเวลาและสถานที่รวมถึงเว็บไซต์ เพื่อให้ นักเรียนได้นำเสนอผลงานในที่สาธารณะ 2. ร่วมรับฟังและให้คำแนะนำในการอภิปรายสะท้อนผลการปฏิบัติงานของนักเรียนแต่ละกลุ่ม	1. ออกแบบการนำเสนอและผลิตสื่อนำเสนอ 2. อภิปรายร่วมกันเพื่อสะท้อนผลการปฏิบัติงาน

จากตารางที่ 1 แสดงให้เห็นว่า ครูมีบทบาทในการเป็นผู้กระตุ้นและให้คำชี้แนะเพื่อควบคุมการดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้ให้สำเร็จ รวมทั้งการประเมินผลระหว่างการเรียนรู้และหลังการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนได้ปรับปรุง ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ

2. ความสามารถในการแก้ปัญหา

จากการศึกษาเกี่ยวกับความสามารถในการแก้ปัญหามีประเด็นที่นำเสนอดังนี้ 1) ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหา 2) ขั้นตอนของการแก้ปัญหา 3) แนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

2.1 ความหมายของความสามารถในการแก้ปัญหา

จากการศึกษาเอกสาร ตำรา และงานวิจัย ที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรม พบว่า มีหน่วยงานและนักการศึกษา ได้ให้ความหมายของการแก้ปัญหาไว้ดังนี้

Sharp (1991) ระบุว่า การแก้ปัญหาทางวิศวกรรม เป็นการแก้ปัญหาที่สัมพันธ์กับสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในสังคมโลก โดยเริ่มจากการรับรู้ความต้องการของมนุษย์ รวบรวมข้อมูลสร้างวิธีการที่หลากหลาย จากนั้นประเมินและเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด ในการสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ขึ้นมาเพื่อแก้ปัญหาที่เหมาะสมกับสถานการณ์นั้น

Shaw (2001) ระบุว่า การแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมเป็นการแก้ปัญหาในชีวิตจริง มีการกำหนดเป้าหมายไว้อย่างชัดเจน ซึ่งวิศวกรมีวิธีการแก้ปัญหามากกว่าหนึ่งวิธีไว้เปรียบเทียบเพื่อเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุดเหมาะสมกับทรัพยากรที่มีอยู่ โดยวิธีการดังกล่าวต้องง่ายที่สุด ปลอดภัยที่สุด มีประสิทธิภาพสูงสุด และที่สำคัญคือใช้ต้นทุนต่ำที่สุด

Bonem (2008) ระบุว่า การแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรมเป็นการประยุกต์หลักทางวิศวกรรมมาใช้ในการค้นหาที่มาของปัญหา นิยามปัญหา เพื่อนำไปสู่การสร้างวิธีการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ มีการวางแผนเป็นขั้นตอน วิธีการแก้ปัญหาดังกล่าว ต้องให้ผลที่สมบูรณ์และประสบความสำเร็จ

Thayer School of Engineering at Dartmouth (2014) ระบุว่า การแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรม เป็นการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในสังคมโลกผ่านกระบวนการแก้ปัญหาโดยเริ่มจากการระบุปัญหาให้ชัดเจนโดยปราศจากความลำเอียง ระบุเกณฑ์ และข้อจำกัดของการแก้ปัญหา จากนั้นกำหนดวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลายและพิจารณาเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่มีความใช้การได้ดีที่สุด

โดยสรุปแล้ว ความสามารถในการแก้ปัญหา คือ ความสามารถในการพิจารณาสถานการณ์ปัญหาที่เกิดขึ้นจริงในสังคมโลก โดยระบุปัญหาจากสถานการณ์ กำหนดเกณฑ์และข้อจำกัด รวบรวมข้อมูลต่าง ๆ นำไปสู่การสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหาในสถานการณ์นั้น อาจมีได้หลากหลายวิธีการ ซึ่งต้องพิจารณาเลือกวิธีการที่เหมาะสมที่สุด กล่าวคือ ง่ายที่สุด ปลอดภัยที่สุด ให้ผลคุ้มค่าที่สุดในการแก้ปัญหาให้บรรลุเกณฑ์ที่กำหนดไว้

2.2 ขั้นตอนของการแก้ปัญหา

จากการสืบค้นเอกสารที่เกี่ยวข้อง พบว่า ความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นลักษณะของกระบวนการแก้ปัญหาอย่างเป็นขั้นตอน โดยมีนักการศึกษาและหน่วยงานต่าง ๆ ได้กล่าวถึงขั้นตอนของการแก้ปัญหาไว้ดังนี้

Sharp (1991) ได้ระบุขั้นตอนแก้ปัญหาทางวิศวกรรมในการสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

(1) การรับรู้ความต้องการ (recognizing a need) เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหามองเห็นว่าเหตุการณ์ในบริบทนั้น มนุษย์มีความต้องการอะไร หรือกำลังประสบปัญหาอะไรอยู่ในสถานการณ์ เมื่อทราบความต้องการแล้วจึงนำไปสู่การนิยามปัญหาต่อไป

(2) การนิยามปัญหาจุดประสงค์และข้อจำกัด (defining the problem, the objectives and the constraints) เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหามองเห็นว่าจุดประสงค์ในการแก้ปัญหาคือทำอะไร เพื่ออะไร ภายใต้ข้อจำกัดอะไรบ้าง

(3) การเก็บรวบรวมข้อมูล (collecting information and data) เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหามองเห็นว่าต้องศึกษา เก็บรวบรวมข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาเพื่อนำไปสู่การสร้างวิธีการแก้ปัญหา

(4) การสร้างวิธีการแก้ปัญหาที่หลากหลาย (generating alternative solutions) เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหามองเห็นว่าต้องนำความรู้ที่ได้ศึกษาค้นคว้ามานั้น ไปใช้สร้างวิธีการแก้ปัญหา มากกว่าหนึ่งวิธี

(5) การประเมินผลของวิธีการแก้ปัญหา (evaluating the consequence of different solutions) เป็นขั้นตอนที่ผู้แก้ปัญหามองเห็นว่าต้องเปรียบเทียบวิธีการแก้ปัญหาแต่ละวิธี

(6) การตัดสินใจและเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีที่สุด (deciding and specifying the final 'best' solution) เป็นขั้นที่ผู้แก้ปัญหาต้องตัดสินใจเลือกวิธีการที่เปรียบเทียบไว้มาใช้แก้ปัญหาเพียงวิธีเดียวซึ่งเป็นวิธีที่ดีที่สุด

Fogler and LeBlanc (2007) ระบุว่า การแก้ปัญหาของวิศวกรที่มีประสบการณ์ในการสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหา ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ดังนี้

(1) การนิยามปัญหา เป็นการค้นหาที่มาของปัญหาเพื่อนำไปสู่การระบุปัญหา เกณฑ์และข้อจำกัดในการแก้ปัญหา

(2) การสร้างวิธีการแก้ปัญหา เป็นการสร้างวิธีการแก้ปัญหาที่มีความเป็นไปได้มากกว่า 1 วิธี ในการแก้ปัญหาได้สำเร็จ สอดคล้องกับเกณฑ์และข้อจำกัด

(3) การเลือกวิธีการแก้ปัญหา เป็นการเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่มีความเป็นไปได้มากที่สุดที่จะแก้ปัญหาได้สำเร็จ โดยพิจารณาจากความคุ้มค่าของการใช้ทรัพยากร เกณฑ์ และข้อจำกัดที่กำหนดไว้

(4) การปฏิบัติตามวิธีการแก้ปัญหา เป็นการนำทรัพยากรและวิธีการแก้ปัญหาที่เลือกไว้ไปใช้สร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหาให้สำเร็จตามเกณฑ์ชี้วัด

(5) การประเมินผล เป็นการระบุข้อดีและข้อบกพร่อง ของการแก้ปัญหา เพื่อนำไปสู่การปรับปรุงและพัฒนาการแก้ปัญหาต่อไป

Abboud (1999) ระบุว่า การแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรม 9 ขั้นตอน ดังนี้

(1) ระบุความต้องการ (identification of a need) เป็นการรับรู้ถึงความต้องการของมนุษย์ในสถานการณ์ปัญหานั้น ๆ ว่ามีความจำเป็นอย่างไรที่จะต้องแก้ปัญหาในสถานการณ์นี้

(2) นิยามปัญหา (problem definition) เป็นการทำความเข้าใจกับสถานการณ์ปัญหาเพื่อนำไปสู่การระบุปัญหาที่ต้องการแก้ไข

(3) รวบรวมและค้นหาข้อมูล (research) เป็นขั้นตอนที่ต้องทำการศึกษาค้นคว้าข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ เพื่อนำไปเป็นพื้นฐานในการกำหนดวิธีการแก้ปัญหา

(4) กำหนดเกณฑ์และข้อจำกัด (criteria and constraints) เป็นขั้นตอนที่ต้องกำหนดเป้าหมายของความสำเร็จในการแก้ปัญหาให้ชัดเจนว่าต้องบรรลุเกณฑ์ใด รวมทั้งการพิจารณาข้อจำกัดต่าง ๆ ในการกำหนดวิธีการแก้ปัญหา

(5) กำหนดวิธีการแก้ปัญหา (alternative solutions) เป็นขั้นตอนการสร้างวิธีการแก้ปัญหามากกว่าหนึ่งวิธีที่จะสามารถแก้ปัญหาได้อย่างบรรลุเกณฑ์ที่กำหนด สอดคล้องกับข้อจำกัด

(6) วิเคราะห์วิธีการแก้ปัญหา (analysis) เป็นการพิจารณาเปรียบเทียบวิธีการแก้ปัญหาแต่ละวิธีในประเด็นของความคุ้มค่า ความปลอดภัยของวิธีการแก้ปัญหาแต่ละวิธี

(7) เลือกวิธีการแก้ปัญหา (decision) เป็นการตัดสินใจเพื่อเลือกหนึ่งวิธีการที่มีความเหมาะสมมากที่สุด คุ้มค่ามากที่สุด และมีความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหาให้สำเร็จ

(8) กำหนดวิธีการแก้ปัญหาให้เฉพาะเจาะจง (specification) เป็นการระบุรายละเอียดของวิธีการแก้ปัญหาที่เลือกไว้ให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น กำหนดขั้นตอน วัสดุอุปกรณ์ให้ครบถ้วนเพื่อนำวิธีการนั้นไปใช้ในการแก้ปัญหา

(9) สื่อสารวิธีการแก้ปัญหา (communication) เป็นการนำวิธีการแก้ปัญหาและผลลัพธ์ที่ได้จากการแก้ปัญหาไปนำเสนอและอภิปราย

Eck and Wilhelm (2007) ระบุว่า การแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรม 8 ขั้นตอน ดังนี้

(1) ระบุปัญหา (problem identification) เป็นการทำความเข้าใจกับสถานการณ์ปัญหาให้ชัดเจน เพื่อระบุปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไข

(2) รวบรวมข้อมูล (information gathering) เป็นการรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ปัญหาอย่างละเอียด

(3) กำหนดวัตถุประสงค์ (statement of objectives) เป็นการกำหนดวัตถุประสงค์ของการแก้ปัญหาว່ทำไปเพื่ออะไร

(4) ระบุข้อจำกัด และข้อสันนิษฐาน (identification of constraints and assumption) เป็นการพิจารณาสถานการณ์ปัญหาเพื่อกำหนดว่าการแก้ปัญหามีข้อจำกัดอย่างไรบ้าง

(5) สร้างวิธีการแก้ปัญหา (generation of solutions) เป็นการนำข้อมูลที่ได้รวบรวมไว้มาพิจารณาร่วมกับจุดประสงค์และข้อจำกัดเพื่อนำไปสู่การสร้างวิธีการแก้ปัญหามากกว่าหนึ่งวิธีที่จะแก้ปัญหาได้ตามวัตถุประสงค์

(6) วิเคราะห์วิธีการแก้ปัญหา (analysis) เป็นการเปรียบเทียบวิธีการแก้ปัญหาในแต่ละวิธีการในแง่ของความคุ้มค่า ความปลอดภัย และความเป็นไปได้ที่จะแก้ปัญหาได้สำเร็จ

(7) สังเคราะห์วิธีการแก้ปัญหา (synthesis) เป็นการนำวิธีการแก้ปัญหาที่ได้วิเคราะห์มาแล้วนั้น มาสร้างเป็นวิธีการใหม่ที่มีการนำเอาข้อดีของแต่ละวิธีมารวมกัน

(8) ประเมินวิธีการแก้ปัญหา (evaluation of alternatives) เป็นการประเมินวิธีการแก้ปัญหาที่ได้นำไปใช้แล้วนั้น มีข้อดีและข้อบกพร่องอย่างไร

จากการศึกษาขั้นตอนการแก้ปัญหาของนักการศึกษาหลายท่าน พบว่า การแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรม มีลักษณะสำคัญเฉพาะที่แตกต่างจากการแก้ปัญหาโดยทั่วไป กล่าวคือ เป็นการสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์เพื่อตอบสนองต่อความต้องการดังกล่าว ภายใต้ข้อจำกัดของทรัพยากรที่มีอยู่โดยคำนึงถึงความคุ้มค่า ความปลอดภัย และผลกระทบต่อสภาพแวดล้อม และที่สำคัญที่สุดต้องมีการกำหนดเกณฑ์ที่ชี้วัดความสำเร็จของการแก้ปัญหาด้วย

2.3 แนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555) ได้เสนอแนวทางการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาดังนี้

(1) แบบทดสอบอัตนัย ประกอบด้วยสถานการณ์ที่มีลักษณะที่ใช้สถานการณ์จริงที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์ธรรมชาติ เหตุการณ์ สังคม หรือสถานการณ์จำลองที่สมมติเหตุการณ์เลียนแบบจากสถานการณ์จริง หรือสมมติเรื่องราวขึ้นอย่างมีเหตุผล โดยเนื้อหาในสถานการณ์ต้องสอดคล้องกับความรู้ในบทเรียนซึ่งอาจเป็นข้อความ ตาราง หรือแผนภาพ และคำถามที่มีลักษณะแบบปลายเปิดหรือคำสั่งให้นักเรียนแสดงออกถึงความสามารถ เช่น การวิเคราะห์ การแก้ปัญหา การอธิบายวิธีการและขั้นตอน

(2) การประเมินทักษะการปฏิบัติการ เป็นการประเมินความสามารถที่แท้จริงของนักเรียนจากผลงานหรือการกระทำเพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเองในสภาพที่เป็นจริง ซึ่งสามารถสะท้อนให้เห็นความสามารถในการแก้ปัญหานักเรียน

ทั้งนี้ ในการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเชิงวิศวกรรม นักเรียนจำเป็นต้องสร้างผลงานซึ่งอาจเป็นวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับบริบทในชีวิตจริง มีความท้าทายและใช้ความรู้แบบบูรณาการ ดังนั้นลักษณะเครื่องมือวัดความสามารถในการแก้ปัญหาดังกล่าว จึงประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนสถานการณ์ และส่วนข้อคำถาม โดยนักเรียนต้องมีการระบุปัญหา สร้างวิธีการแก้ปัญหา เลือกรูปแบบการแก้ปัญหา นำไปสู่การลงมือสร้างจริง จากนั้น จึงประเมินผลโดย Institute of Electrical and Electronics Engineers (2013) ได้นำเสนอตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาในการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาดังนี้

ตัวอย่างเครื่องมือวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านข้อมูลต่อไปนี้ให้เข้าใจแล้วลงมือปฏิบัติการสร้างผลงาน รวมทั้งตอบคำถามให้ครบถ้วน

สถานการณ์ปัญหา

ในปี ค.ศ. 1985 มีการสร้างและพัฒนาหุ่นยนต์มาใช้ในการผ่าตัด โดยหุ่นยนต์ตัวแรกมีชื่อว่า PUMA 560 สำหรับใช้ในการผ่าตัดเนื้อเยื่อสมองเพื่อไปวินิจฉัย ในลำดับถัดมามีการใช้หุ่นยนต์ในการผ่าตัดต่อมลูกหมากและการผ่าตัดสะโพก และในช่วงปลายปี ค.ศ. 1990 มีการพัฒนาหุ่นยนต์ด้วยระบบ the da Vinci Surgical System เป็นหุ่นยนต์ที่มีสี่แขน เคลื่อนที่ได้ทุกทิศทางทั้งสามมิติ หุ่นยนต์นี้จะถูกส่งเข้าไปผ่าตัดภายในร่างกายผ่านทางท่อที่เรียกว่า cannulas และมีระบบถ่ายภาพเพื่อให้ศัลยแพทย์วินิจฉัยได้อีกด้วย

หากนักเรียนแต่ละกลุ่มเป็นทีมวิศวกรที่ได้รับโจทย์ท้าทายให้ออกแบบอุปกรณ์ผ่าตัดจำลองที่มีความแม่นยำสูง กล่าวคือ กระบวนการทำงานของอุปกรณ์จะต้องไม่ทำอันตรายกับเนื้อเยื่อหรืออวัยวะภายในร่างกายรอบ ๆ บริเวณที่ผ่าตัด

ในการทดสอบอุปกรณ์ผ่าตัดจำลอง นักเรียนต้องใช้อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นไปใช้ในการนำวัสดุสามชิ้นออกจากกล่องโดยมิให้กระทบกับชิ้นส่วนโดมิโนที่ได้จัดวางไว้ในกล่อง ภายใต้เงื่อนไขที่ว่าวัสดุที่นำมาใช้สร้างอุปกรณ์ต้องเชื่อมต่อกันและไม่เกิดการแตกหักกระหว่างทำงาน

ข้อคำถาม

- 1) ในการสร้างอุปกรณ์ผ่าตัดจำลองครั้งนี้ นักเรียนประสบความสำเร็จหรือไม่ เพราะเหตุใด
- 2) ในการทดสอบอุปกรณ์ผ่าตัดที่นักเรียนได้สร้างขึ้น นักเรียนมีการปรับปรุงตัวต้นแบบอย่างไร พร้อมเขียนเหตุผลประกอบ
- 3) ถ้านักเรียนสามารถใช้อุปกรณ์ที่แตกต่างจากที่กำหนดให้ นักเรียนจะใช้อะไร เพราะเหตุใด
- 4) นักเรียนคิดว่าวิศวกรจำเป็นต้องปรับปรุงตัวต้นแบบในระหว่างการสร้างสิ่งประดิษฐ์หรือไม่ เพราะเหตุใด
- 5) ถ้านักเรียนจำเป็นต้องสร้างอุปกรณ์ผ่าตัดใหม่อีกครั้ง นักเรียนจะใช้แบบร่างเดิมหรือไม่ เพราะเหตุใด

ในการกำหนดเกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการแก้ปัญหา นั้น สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติได้กำหนดไว้ดังในตารางที่ 2

ตารางที่ 2 เกณฑ์การประเมินสมรรถนะด้านการคิด (สำนักงานทดสอบทางการศึกษา, 2555)

ช่วงคะแนนเป็นร้อยละ	ความหมาย
75-100	มีความสามารถอยู่ในระดับดีมาก
40-74	มีความสามารถอยู่ในระดับดี
0-39	มีความสามารถอยู่ในระดับปรับปรุง

3. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

ในการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา นำเสนอสองประเด็นหลัก คือ (1) ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และ (2) ระดับของพฤติกรรมในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

3.1 ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

จากการศึกษาค้นคว้าเอกสาร ตำรา และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า มีนักการศึกษาได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้ดังนี้

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ และเพยาว์ ยินดีสุข (2548) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน หมายถึง ขนาดของความสำเร็จที่ได้จากกระบวนการเรียนการสอน

Lee (1998) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ หมายถึง สิ่งที่ยืนยันว่านักเรียนมีความรู้ในเนื้อหาและมีทักษะปฏิบัติการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์

Tias et al. (2015) กล่าวว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา หมายถึง ผลที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอนชีววิทยาที่ยืนยันถึงความเชี่ยวชาญทางด้านเนื้อหาสาระในวิชาชีววิทยา

สรุปได้ว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา หมายถึง ผลที่เกิดขึ้นจากการเรียนการสอนชีววิทยา ที่ทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหารวมถึงการมีความสามารถในการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์

3.2 องค์ประกอบของพฤติกรรมในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ในการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนั้น มีแนวทางหนึ่งที่มีความเหมาะสมกับการวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ คือ แนวทางของ Klopfer (1971) ซึ่งได้จำแนกพฤติกรรมออกมา 4 ด้าน ดังนี้

(1) ด้านความรู้ เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนแสดงถึงการมีความรู้ในเนื้อหาและสามารถจดจำเนื้อหาดังกล่าวได้ จำแนกได้ 9 ประเภท ได้แก่ 1) ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริงที่เฉพาะเจาะจง 2) ความรู้เกี่ยวกับคำศัพท์เฉพาะทางวิทยาศาสตร์ 3) ความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ 4) ความรู้เกี่ยวกับระเบียบข้อตกลงที่ยอมรับร่วมกันในสังคมวิทยาศาสตร์ 5) ความรู้เกี่ยวกับแนวโน้มและลำดับขั้นตอนของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ 6) ความรู้เกี่ยวกับเกณฑ์ที่ใช้จำแนกและระบุประเภทของสิ่งต่าง ๆ 7) ความรู้เกี่ยวกับกลวิธีและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ 8) ความรู้เกี่ยวกับกฎและหลักการทางวิทยาศาสตร์ 9) ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีและมโนทัศน์ทางปัญญา

(2) ด้านความเข้าใจ เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนสามารถระบุหรือจัดกระทำกับข้อมูลในสถานการณ์ใหม่ได้ จำแนกได้ 2 ประเภท ได้แก่ 1) ความเข้าใจเกี่ยวกับการระบุองค์ความรู้ในบริบทใหม่ได้ 2) ความเข้าใจเกี่ยวกับการแปลความหมายข้อมูล

(3) ด้านกระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนใช้กระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ในการศึกษาโลกธรรมชาติและสร้างองค์ความรู้ใหม่ แบ่งได้ 4 ขั้นตอน คือ 1) ขั้นสังเกตและวัด 2) ขั้นระบุปัญหาและค้นหาวิธีการแก้ปัญหา 3) ขั้นแปลความหมายและจัดระบบ และ 4) ขั้นสร้างทดสอบ และปรับปรุงแบบจำลองทางทฤษฎี

(4) ด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์รวมถึงทักษะการสืบสอบไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ จำแนกได้ 3 ประเภท ได้แก่ 1) การนำความรู้และทักษะการสืบสอบไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่แต่ยังคงเป็นวิทยาศาสตร์ในสาขาเดียวกัน 2) การนำความรู้และทักษะการสืบสอบไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่แต่เป็นวิทยาศาสตร์ในสาขาอื่น 3) การนำความรู้และทักษะการสืบสอบไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่แต่เป็นวิชาอื่นที่มีใช้วิทยาศาสตร์

3.3 แนวทางการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

ในการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนนิยมใช้แบบทดสอบแบบปรนัย โดยข้อคำถามที่ใช้ในการทดสอบอาจจำแนกตามองค์ประกอบของพฤติกรรมการเรียนรู้ได้แก่ ความจำ ความเข้าใจ กระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ และการนำความรู้หรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

ตัวอย่างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาจำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้โดยสถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (2552) มีดังนี้

1) ข้อสอบประเภทความจำ

สัตว์ชนิดใดที่จัดอยู่ในกลุ่มโพรโทสโตเมียและตัวอ่อนมีการลอกคราบ

- | | |
|----------------|---------------|
| 1. หอย | 3. ปลิงทะเล |
| 2. ไส้เดือนดิน | 4. หนอนตัวกลม |

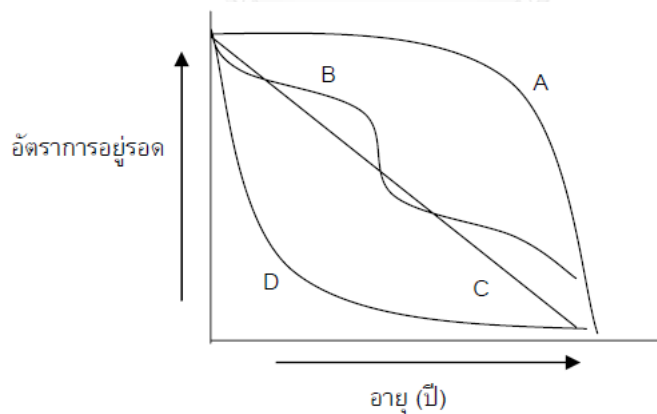
2) ข้อสอบประเภทความเข้าใจ

เมื่อเห็นตราสัญลักษณ์ของรถยนต์แต่ละยี่ห้อ บางคนสามารถบอกได้ทันทีว่าเป็นรถยนต์ยี่ห้อใด พฤติกรรมนี้จะเป็นพฤติกรรมการเรียนรู้แบบใด

- | | |
|--------------------|------------------|
| 1. แบบใช้เหตุผล | 3. แบบมีเงื่อนไข |
| 2. แบบแฮบบิซุเอชัน | 4. แบบฝังใจ |

3) ข้อสอบประเภทการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์

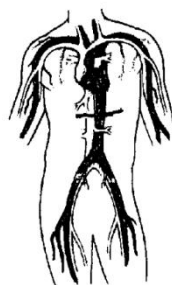
กราฟเส้นใดแสดงอัตราการอยู่รอดในช่วงอายุต่าง ๆ ของต้นมะขามได้ถูกต้อง



- | | |
|------|------|
| 1. A | 2. C |
| 2. B | 4. D |

4) ข้อสอบการนำความรู้หรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

ให้นักเรียนพิจารณารูประบบหลอดเลือดจากภาพ แล้วตอบคำถาม



หากแพทย์ต้องการสอดสายอุปกรณ์การแพทย์เข้าไปสู่หัวใจเพื่อทำการรักษาเส้นเลือดหัวใจตีบ โดยใช้บอลูน ควรจะเจาะผ่านหลอดเลือดในตำแหน่งใด

1. หลอดเลือดแดงบริเวณขาหนีบ
2. หลอดเลือดดำบริเวณไหปลาร้า
3. หลอดเลือดดำบริเวณขาหนีบ
4. หลอดเลือดฝอยบริเวณหน้าอก

4. วิเคราะห์เนื้อหา เรื่อง การรักษาคุณภาพในร่างกาย

ในหัวข้อนี้ ผู้วิจัยนำเสนอ 3 ประเด็น ได้แก่ 1) สารการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง การรักษาคุณภาพในร่างกาย ที่พบอยู่ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 2) เนื้อหา เรื่อง การรักษาคุณภาพในร่างกาย ในหนังสือแบบเรียนรายวิชาเพิ่มเติมชีววิทยา เล่ม 2 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี 3) วิเคราะห์เนื้อหาเชิงเปรียบเทียบ เรื่อง การรักษาคุณภาพในร่างกาย ในแบบเรียนรายวิชาเพิ่มเติมชีววิทยา เล่ม 2 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี กับ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยแต่ละประเด็นมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้ ที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง การรักษา คุณภาพในร่างกาย ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

เนื้อหาชีววิทยาพื้นฐาน เรื่อง การรักษาคุณภาพในร่างกาย ที่ปรากฏอยู่ในหลักสูตร
แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สอดคล้องกับสาระการเรียนรู้ที่ 1 และ 8 ดัง
รายละเอียดต่อไปนี้

สาระการเรียนรู้ที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐานการเรียนรู้ ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของ
โครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหา
ความรู้ สื่อสาร สิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

สาระการเรียนรู้ที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐานการเรียนรู้ ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการ
สืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน
สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่า
วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อม มีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

โดยในเนื้อหาชีววิทยาพื้นฐาน เรื่อง การรักษาคุณภาพในร่างกาย ที่ปรากฏในหลักสูตร
แกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ประกอบด้วย 4 ตัวชี้วัด ดังในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด สารระการการเรียนรู้แกนกลางที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง การรักษา
คุณภาพในร่างกาย ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

มาตรฐานการ เรียนรู้และตัวชี้วัด	สารระการการเรียนรู้แกนกลาง
ว 1.1 ม.2/1 ว 1.1 ม.2/2	<ul style="list-style-type: none"> • ระบบย่อยอาหาร ระบบหมุนเวียนเลือด ระบบหายใจ ระบบขับถ่าย ระบบสืบพันธุ์ และระบบประสาทของมนุษย์และสัตว์ ในแต่ละระบบ ประกอบด้วย อวัยวะหลายชนิด ที่ทำงานอย่างเป็นระบบ • ระบบย่อยอาหาร ระบบหมุนเวียนเลือด ระบบหายใจ ระบบขับถ่าย ระบบสืบพันธุ์ ของมนุษย์ ในแต่ละระบบมีการทำงานที่สัมพันธ์กันทำให้มนุษย์ดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างปกติ ถ้าระบบใดระบบหนึ่งทำงานผิดปกติ ย่อมส่งผลกระทบต่อระบบอื่น ๆ ดังนั้นจึง ต้องมีการดูแลสุขภาพ
ว 1.1 ม.4-6/3	<ul style="list-style-type: none"> • ไตเป็นอวัยวะสำคัญในการรักษาคุณภาพของน้ำและสารต่าง ๆ ในร่างกาย ซึ่งมี โครงสร้างและการทำงานร่วมกับอวัยวะอื่น • ภายในไตมีหน่วยไต ของเหลวที่ผ่านเข้าสู่หน่วยไตส่วนหนึ่งจะถูกดูดซึมกลับสู่หลอดเลือด ส่วนที่ไม่ถูกดูดซึมกลับจะผ่านไปยังท่อขับปัสสาวะ • ยูเรีย โซเดียมไอออน และคลอไรด์ไอออน เป็นของเสียจากกระบวนการเมแทบอลิซึม จะถูกขับออกจากไตไปพร้อมกับปัสสาวะ • อะมีบาและพารามีเซียมเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวที่มีโครงสร้างภายในเซลล์ที่เรียกว่า คอนแทรกไทล์แวคิวโอลในการกำจัดน้ำและของเสีย • ปลายน้ำจืดมีเซลล์บริเวณเหงือกที่น้ำเข้าสู่ร่างกายได้โดยการออสโมซิส ส่วนปลายน้ำเค็ม ป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากร่างกายโดยมีผิวหนังและเกล็ดที่ป้องกันไม่ให้แร่ธาตุจาก น้ำทะเลซึมเข้าสู่ร่างกายและที่บริเวณเหงือกมีกลุ่มเซลล์ ซึ่งขับแร่ธาตุส่วนเกินออกโดย วิธีการลำเลียงแบบใช้พลังงาน • มนุษย์มีกลไกในการควบคุมอุณหภูมิของร่างกายให้อยู่ในสภาวะที่เหมาะสมโดยศูนย์ ควบคุมอุณหภูมิจะอยู่ที่สมองส่วนไฮโปทาลามัส • สัตว์เลือดอุ่นสามารถรักษาอุณหภูมิของร่างกายให้เกือบคงที่ได้ในสภาวะแวดล้อม ต่าง ๆ ส่วนสัตว์เลือดเย็นอุณหภูมิร่างกายจะแปรผันตามอุณหภูมิ

ตารางที่ 3 มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด สาระการเรียนรู้แกนกลางที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง การรักษา
คุณภาพในร่างกาย ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 (ต่อ)

มาตรฐานการเรียนรู้ และตัวชี้วัด	สาระการเรียนรู้แกนกลาง
ว 1.1 ม.4-6/4	<ul style="list-style-type: none"> • ร่างกายมนุษย์มีภูมิคุ้มกันซึ่งเป็นกลไกในการป้องกันเชื้อโรคหรือสิ่งแปลกปลอมเข้าสู่ร่างกาย • ผิวหนัง เซลล์เม็ดเลือดขาว และระบบน้ำเหลือง เป็นส่วนสำคัญของร่างกายที่ทำหน้าที่ป้องกันและทำลายเชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกาย • ระบบภูมิคุ้มกันมีความสำคัญยิ่งต่อร่างกายมนุษย์ การรับประทานอาหารที่ถูกสุขลักษณะ การออกกำลังกาย การดูแลสุขอนามัย ตลอดจนการหลีกเลี่ยงสารเสพติด และพฤติกรรมที่เสี่ยงทางเพศ และการได้รับวัคซีนในการป้องกันโรคต่าง ๆ ครอบคลุมกำหนดจะช่วยเสริมสร้างภูมิคุ้มกันและรักษาภูมิคุ้มกันของร่างกายได้

จากตารางที่ 3 เนื้อหาชีววิทยาพื้นฐานตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องการรักษาคุณภาพในร่างกาย ประกอบด้วย 4 ตัวชี้วัด โดยเนื้อหาจะเกี่ยวข้องกับความรู้พื้นฐานของระบบต่าง ๆ ภายในร่างกายของมนุษย์ กลไกการรักษาคุณภาพของร่างกายที่มีต่อการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อม รวมทั้งวิธีการดูแลสุขภาพร่างกาย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

4.2 เนื้อหา เรื่อง การรักษาคุณภาพในร่างกาย ในหนังสือแบบเรียนรายวิชาเพิ่มเติมชีววิทยา เล่ม 2 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

จากการศึกษาเอกสารและตำรา พบว่า เนื้อหา เรื่อง การรักษาคุณภาพของร่างกาย ที่มีในแบบเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ประกอบด้วย 4 หัวข้อ ดังในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 เนื้อหาในแต่ละหัวข้อ ในเรื่อง การรักษาคุณภาพในร่างกายในหนังสือแบบเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 2 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

หัวข้อ	เนื้อหา
1. การแลกเปลี่ยนแก๊สของสิ่งมีชีวิต	โครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะในการแลกเปลี่ยนแก๊สของสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ได้แก่ สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ สัตว์น้ำ สัตว์ปีก และการเรียนรู้โครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะในการแลกเปลี่ยนแก๊สของมนุษย์ ได้แก่ กลไกการสูดลมหายใจ การควบคุมการหายใจ กลไกการแลกเปลี่ยนแก๊ส อัตราการหายใจ โรคและความผิดปกติที่เกี่ยวข้องปอด รวมทั้งการปฏิบัติการทดลองเพื่อฝึกฝนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
2. การไหลเวียนสารของสิ่งมีชีวิต	โครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะในการไหลเวียนสารของสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ได้แก่ สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ สัตว์น้ำ สัตว์ปีก และการเรียนรู้โครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะในการไหลเวียนเลือดของมนุษย์ ได้แก่ กลไกการทำงานของหัวใจในการลำเลียงเลือดไปแลกเปลี่ยนแก๊สที่ปอด และสูบฉีดเลือดไปหล่อเลี้ยงร่างกาย ความแตกต่างของหลอดเลือดชนิดต่าง ๆ ความดันเลือด โรคและความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับหัวใจ รวมทั้งนวัตกรรมทางการแพทย์ที่นำมารักษาโรคที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนการปฏิบัติการทดลองเพื่อฝึกฝนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
3. การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิต	โครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะการขับถ่ายของสิ่งมีชีวิตที่ของสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ได้แก่ สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ สัตว์น้ำ สัตว์ปีก การเรียนรู้โครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะในการขับถ่ายของมนุษย์ ได้แก่ โครงสร้างของไต กลไกการทำงานของหน่วยไตเพื่อผลิตปัสสาวะ การควบคุมการผลิตปัสสาวะโดยฮอร์โมนของร่างกาย โรคและความผิดปกติของไต รวมทั้งนวัตกรรมทางการแพทย์ที่นำมารักษาโรคที่เกี่ยวข้อง ตลอดจนการปฏิบัติการทดลองเพื่อฝึกฝนทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
4. ระบบน้ำเหลืองและภูมิคุ้มกัน	โครงสร้างและหน้าที่ของระบบน้ำเหลืองในร่างกายมนุษย์ ซึ่งมีความเกี่ยวข้องกับการผลิตเซลล์เม็ดเลือดขาวและการสร้างภูมิคุ้มกันของร่างกายเพื่อต่อต้านเชื้อโรคและสิ่งแปลกปลอมที่เข้าสู่ร่างกาย ตลอดจนการเรียนรู้โรคและความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับระบบภูมิคุ้มกันและแนวทางการรักษาโรค

จากตารางที่ 4 เนื้อหาชีววิทยาเพิ่มเติม เรื่อง การรักษาคุณภาพในร่างกายที่พบในแบบเรียนของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเน้นความรู้เชิงลึกเกี่ยวกับโครงสร้างและกลไกการทำงานของระบบต่าง ๆ ภายในร่างกาย ตลอดจนการเรียนรู้ความผิดปกติต่าง ๆ และแนวทางการรักษาโรค

จากการวิเคราะห์เนื้อหาเชิงเปรียบเทียบ พบว่า เนื้อหา เรื่อง การรักษาคุณภาพในร่างกาย ที่พบในแบบเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 2 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีประเด็นเพิ่มเติมจากหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 วิเคราะห์ได้ 3 ประเด็น ดังนี้

(1) โครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สและการไหลเวียนสารของสิ่งมีชีวิต สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด ว 1.1 ม.2/1 และ ว 1.1 ม.2/2 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยเนื้อหาที่เพิ่มเติมในรายวิชาชีววิทยา คือ กระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างเนื้อเยื่อกับหลอดเลือด โครงสร้างและกลไกการทำงานของหัวใจ ความผิดปกติและโรคที่เกี่ยวข้อง รวมไปถึงแนวทางและนวัตกรรมทางการแพทย์ในการรักษาโรคดังกล่าว

(2) โครงสร้างที่ใช้ในการขับถ่ายของสิ่งมีชีวิต สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด ว 1.1 ม.4-6/3 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยเนื้อหาที่เพิ่มเติมในรายวิชาชีววิทยา คือ กลไกการผลิตปัสสาวะในหน่วยไต การควบคุมการผลิตปัสสาวะ รวมทั้งแนวทางและนวัตกรรมทางการแพทย์ในการรักษาโรคดังกล่าว

(3) ระบบน้ำเหลืองและภูมิคุ้มกัน สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด ว 1.1 ม.4-6/4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 โดยเนื้อหาที่เพิ่มเติมในรายวิชาชีววิทยา คือ กลไกการป้องกันเชื้อโรคระดับเซลล์ ความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับระบบน้ำเหลืองและภูมิคุ้มกัน

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหา

นัสรินทร์ ป้อชา (2558) ได้ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/1 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์ โดยจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาและความสามารถในการแก้ปัญหาลงเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

Cox et al. (2016) ได้ทำวิจัย เรื่อง การนำคณิตศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์มาใช้ในการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยาระดับมัธยมศึกษาเพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและความเข้าใจโมโนทัศน์ชีววิทยา โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนต้นถึงตอนปลาย อายุ 14-18 ปี โดยนักเรียนกลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาที่เน้นการนำเสนอสถานการณ์ปัญหา ซึ่งผู้เรียนต้องใช้ความสามารถทางคณิตศาสตร์และกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมาในการแก้ปัญหา ในขณะที่นักเรียนกลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบปกติ ผลวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาและความเข้าใจโมโนทัศน์ชีววิทยาหลังเรียนสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

5.2 การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

Ceylan and Ozdilek (2015) ได้ทำวิจัย เรื่อง การพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 2 ผลการวิจัยพบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว (2558) ได้ศึกษาการพัฒนาหลักสูตรตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง อ้อย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ซึ่งใช้การจัดการเรียนรู้ด้วยวงจรการเรียนรู้ 5E โดยมีการสอดแทรกวิชาวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ เข้าไปในขั้นตอนการสอน โดยหลังการทดลองใช้หลักสูตร พบว่า คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนหลังทดลองใช้หลักสูตรสูงกว่าก่อนทดลองใช้หลักสูตรอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด (ร้อยละ 65)

บทที่ 3

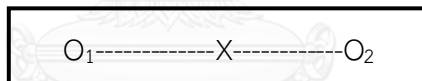
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ มุ่งศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีลำดับขั้นตอนในการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. การกำหนดกลุ่มที่ศึกษา
3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นแบบการศึกษากลุ่มเดียววัดสองครั้ง (the one group pretest-posttest design research) วัดความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียน และวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียน ดังในภาพที่ 2



ภาพที่ 2 แบบแผนการทดลองแบบศึกษากลุ่มเดียววัดสองครั้ง

O ₁	หมายถึง	การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียน
X	หมายถึง	การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
O ₂	หมายถึง	การวัดความสามารถในการแก้ปัญหาลงเรียนและทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

2. การกำหนดกลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษา นักเรียนระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง เขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 โดยดำเนินการเลือกกลุ่มที่ศึกษาตามขั้นตอนดังนี้

2.1 การเลือกโรงเรียน

การเลือกโรงเรียนโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (purposive sampling) คือ เลือกโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง เขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร เป็นแหล่งของกลุ่มที่ศึกษาในการวิจัย เนื่องจากเป็นโรงเรียนที่มีการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 มีการจัดห้องเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย รวมทั้งโรงเรียนยังเป็นศูนย์ส่งเสริมศึกษาระดับภาค มีการจัดสิ่งอำนวยความสะดวกและแหล่งเรียนรู้ที่เอื้อต่อการเรียนรู้ชีววิทยา ได้แก่ คอมพิวเตอร์และโปรเจคเตอร์ วัสดุ อุปกรณ์ และเครื่องมือทางวิทยาศาสตร์ ห้องปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ เอกสารและตำราทางวิทยาศาสตร์ นอกจากนี้ผู้บริหารและครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ให้การสนับสนุนและร่วมมือในการวิจัยเป็นอย่างดี

2.2 การเลือกห้องเรียน

โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง เขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร มีจำนวนห้องเรียน 16 ห้อง โดยมีห้องเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จำนวนทั้งหมด 11 ห้อง แบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

- (1) ห้องเรียนที่เน้นสายวิชาชีพ จำนวน 9 ห้องเรียน ดังนี้
 - ห้องเรียนที่เน้นศึกษาต่อทางด้านสถาปัตยกรรมศาสตร์ จำนวน 1 ห้อง
 - ห้องเรียนที่เน้นศึกษาต่อวิศวกรรมศาสตร์ จำนวน 1 ห้อง
 - ห้องเรียนที่เน้นศึกษาต่อแพทยศาสตร์ จำนวน 7 ห้อง
- (2) ห้องเรียนที่เน้นสายวิชาการ จำนวน 2 ห้องเรียน ดังนี้
 - ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ จำนวน 1 ห้อง
 - ห้องเรียนอัจฉริยภาพทางด้านคณิตศาสตร์และภาษา จำนวน 1 ห้อง

ในการวิจัยครั้งนี้ เลือกห้องเรียนโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง คือ ห้องเรียนที่เน้นศึกษาต่อแพทยศาสตร์ จำนวน 2 ห้อง ได้แก่ ห้อง 5/6 และ 5/10 จากนั้นดำเนินการทดสอบความเท่าเทียมกันของกลุ่มที่ศึกษาด้วยการทดสอบความแตกต่างของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา ปีการศึกษา 2558 มีขั้นตอนการดำเนินการ ดังนี้

1) นำค่าเฉลี่ยคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 4 ปีการศึกษา 2558 มีคะแนนเต็ม 100 คะแนน ของนักเรียนทั้ง 2 ห้อง มาวิเคราะห์ทางสถิติด้วยการทดสอบที พบว่า คะแนนของนักเรียนทั้ง 2 ห้อง ไม่แตกต่างกัน โดยมีคะแนนเฉลี่ย 72.63 กับ 74.11 คะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 3.25 และ 3.77 ตามลำดับ

2) เลือกห้องเรียนที่ใช้เป็นกลุ่มศึกษาโดยใช้วิธีการสุ่มอย่างง่ายด้วยวิธีการจับสลาก และได้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5/10 จำนวน 42 คน เป็นกลุ่มศึกษา

3. การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 ประเภทดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่
 - 1.1 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา
 - 1.2 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง คือ แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

รายละเอียดของการสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมีดังนี้

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ คือ 1) แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา และ 2) แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

1.1 แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นแบบวัดแบบอัตนัยที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสำหรับวัดความสามารถในการแก้ปัญหา แบบวัดดังกล่าวมี 2 ชุด สำหรับใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งแบบวัดแต่ละชุดนั้น ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 เป็นสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง การรักษาคุณภาพในร่างกาย มีความท้าทาย ให้อ้างอิงให้ต้องใช้ความรู้และทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ในการสร้างผลงานเพื่อแก้ปัญหา ส่วนที่ 2 คือ ข้อคำถามที่ใช้วัดความสามารถในการแก้ปัญหา แบบวัดทั้ง 2 ชุด มีสถานการณ์ปัญหาที่แตกต่างกันและมีระดับความความยากที่ใกล้เคียงกัน โดยมีรายละเอียดขั้นตอนการพัฒนาและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือดังนี้

(1) ศึกษาเอกสาร ตำรา ที่เกี่ยวข้องกับความสามารถในการแก้ปัญหาในแง่ของความหมายและขั้นตอนของการแก้ปัญหาที่เน้นหลักทางวิศวกรรมของ Fogler and LeBlanc (2007) เพื่อนำมาใช้ในการกำหนดลักษณะและโครงสร้างของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา รวมทั้งการกำหนดเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละข้อคำถาม

(2) นำนิยามและขั้นตอนของการแก้ปัญหาที่ได้ศึกษาจากเอกสาร ตำรา มาใช้กำหนดลักษณะของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาเป็นแบบอัตนัย ประกอบด้วยส่วนของสถานการณ์ปัญหา จำนวน 2 สถานการณ์ที่มีความท้าทาย ให้อ้างอิงให้ต้องใช้ความรู้ทางชีววิทยาพื้นฐานและกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมในการแก้ปัญหา ซึ่งนักเรียนแต่ละคนต้องเขียนตอบคำถามลงในแบบวัดร่วมกับการสร้างสิ่งประดิษฐ์จริงเพื่อทดสอบและบันทึกผลภายในเวลาที่กำหนด โดยข้อคำถามจะสอดคล้องกับขั้นตอนของ Fogler and LeBlanc (2007) ได้แก่ การนิยามปัญหา การสร้างวิธีการแก้ปัญหา การเลือกวิธีการแก้ปัญหา การปฏิบัติตามวิธีการแก้ปัญหา การประเมินผล

(3) สร้างแบบวัดตามลักษณะที่ได้กำหนดไว้จำนวน 10 ข้อคำถาม คะแนนเต็ม 30 คะแนน และสร้างเกณฑ์การให้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาซึ่งมีคะแนนตั้งแต่ 1-3 หากตอบผิดหรือไม่ตอบได้ 0 คะแนน สัดส่วนคะแนนและจำนวนข้อคำถามจำแนกตามขั้นตอนการแก้ปัญหาของ Fogler and LeBlanc (2007) ดังในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 สัดส่วนคะแนน ข้อคำถาม จำแนกตามขั้นตอนการแก้ปัญหา

ขั้นตอนการแก้ปัญหา	จำนวนข้อคำถาม	คะแนน
การนิยามปัญหา	3 (ข้อที่ 1-3)	9
การสร้างวิธีการแก้ปัญหา	2 (ข้อที่ 4.1-4.2)	6
การเลือกวิธีการแก้ปัญหา	1 (ข้อที่ 5.1)	3
การปฏิบัติตามวิธีการแก้ปัญหา	2 (ข้อที่ 5.2-5.3)	6
การประเมินผล	2 (ข้อที่ 6-7)	6
รวม	10	30

(4) สร้างเกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการแก้ปัญหา โดยดำเนินการตามขั้นตอนดังนี้

- 1) แบ่งคะแนนเป็น 4 ช่วงเท่า ๆ กัน โดยพิจารณาจากคะแนนเต็ม 30 คะแนน
- 2) กำหนดระดับความสามารถในการแก้ปัญหาในแต่ละช่วงของคะแนนเป็น 4 ระดับ คือ ดีมาก ดี พอใช้ ปรับปรุง
- 3) สร้างตารางกำหนดเกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการแก้ปัญหาของแต่ละช่วงคะแนน ได้ผลดังในตารางที่ 6

ตารางที่ 6 เกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการแก้ปัญหา

ช่วงคะแนน	ระดับความสามารถ
22.50 – 30.00	ดีมาก
15.00 – 22.49	ดี
7.50 – 14.99	พอใช้
0.00 – 7.49	ปรับปรุง

(5) นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและเกณฑ์การให้คะแนนเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อปรับปรุงแก้ไข

(6) นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาและเกณฑ์การให้คะแนนมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน (รายนามดังในภาคผนวก ก) ตรวจสอบพิจารณาเพื่อหาคุณภาพของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาในด้านความสอดคล้องของข้อคำถามกับนิยามที่ต้องการวัด (IOC) ลักษณะของการใช้คำถามและความถูกต้องของภาษา

(7) นำข้อมูลที่รวบรวมได้จากข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงแก้ไขแบบวัดที่สร้างขึ้น โดยสรุปข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิได้ดังนี้

7.1) การใช้ภาษา มีข้อควรปรับปรุง คือ ปรับภาษาที่ใช้ในการเขียนสถานการณ์และข้อคำถามให้เข้าใจง่ายกับนักเรียน กระชับ และสื่อความหมายได้ตรงประเด็น เช่น เปลี่ยนจาก “ทรัพยากรที่ใช้ในการประดิษฐ์” เป็น “วัสดุอุปกรณ์ที่ใช้ในการประดิษฐ์”

7.2) การนำเสนอสถานการณ์ปัญหา มีข้อควรปรับปรุง คือ ข้อมูลของสถานการณ์ให้ใกล้เคียงกับความเป็นจริงมากขึ้น เช่น เพิ่มเติมข้อมูลหรือข่าวสารที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสิ่งประดิษฐ์ในอดีตที่นำมาใช้ในการแก้ปัญหาเพื่อเป็นฐานข้อมูลไปสู่การพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ใหม่

7.3) การเลือกรูปภาพประกอบ มีข้อควรปรับปรุง คือ เลือกใช้ภาพประกอบให้ชัดเจน ใกล้เคียงกับความเป็นจริงให้มากที่สุด เพื่อให้นักเรียนสามารถจินตนาการและลงมือปฏิบัติการสร้างสิ่งประดิษฐ์ได้

(8) นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาปรับปรุงแก้ไขแล้วไป ทดลองใช้กับนักเรียนมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 ที่มีใช้กลุ่มที่ศึกษา จำนวน 30 คน เพื่อตรวจสอบคุณภาพของแบบวัด โดยแบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 แบบ ดังนี้

8.1) วิเคราะห์คุณภาพแบบวัดทั้งฉบับในด้านความเที่ยงด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ของครอนบาร์ค ผลการวิเคราะห์ความเที่ยงของแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียน เท่ากับ 0.70 และแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียน เท่ากับ 0.72

8.2) วิเคราะห์คุณภาพแบบวัดรายข้อในด้านความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียน มีค่าความยากระหว่าง 0.48 - 0.64 และค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.43 - 0.59 ในขณะที่แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียน มีค่าความยากระหว่าง 0.45 - 0.72 และค่าอำนาจจำแนกระหว่าง 0.36 - 0.57

(9) นำแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาที่ปรับแก้ไขให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบอีกครั้ง จากนั้นจึงนำไปใช้จริงกับกลุ่มที่ศึกษาเพื่อเก็บข้อมูลก่อนเรียนและหลังเรียนในส่วน of ความสามารถในการแก้ปัญหา

1.2 แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เรื่อง การรักษาคุณภาพในร่างกาย เป็นข้อสอบปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ ใช้ทดสอบนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาหลังการเรียน โดยมีรายละเอียดการพัฒนาและตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือดังนี้

(1) ศึกษาและวิเคราะห์เอกสารที่เกี่ยวข้องกับหลักสูตรรายวิชาชีววิทยา 2 (ว32242) และผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม เรื่อง การรักษาคุณภาพในร่างกาย ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เพื่อกำหนดกรอบของสาระที่ใช้ในการวิเคราะห์เนื้อหาและพฤติกรรมที่ต้องการวัด

(2) กำหนดโครงสร้างของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาโดยกำหนดหัวข้อของเนื้อหาสาระให้ครอบคลุมองค์ประกอบของการทดสอบ ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การรักษาคุณภาพในร่างกาย โดยวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ด้าน ตามแนวคิดของ Klopfer (1971) ดังในตารางที่ 7

ตารางที่ 7 สัดส่วนของจำนวนข้อสอบในแต่ละหัวข้อของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เรื่อง การรักษาคุณภาพในร่างกาย

หัวข้อ	จำนวนข้อสอบในแต่ละพฤติกรรม				รวม (ข้อ)	สัดส่วน (ร้อยละ)
	ความจำ	ความเข้าใจ	กระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์	การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้		
1.การแลกเปลี่ยนแก๊สของสิ่งมีชีวิต	1	4	3	3	11	27.50
2.การไหลเวียนสารของสิ่งมีชีวิต	4	5	2	1	12	30.00
3.การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิต	2	3	2	1	8	20.00
4. ระบบน้ำเหลืองและภูมิคุ้มกัน	1	6	1	1	9	22.50
รวม (ข้อ)	8	18	8	6	40	100
สัดส่วน (ร้อยละ)	20	45	20	15	100	

(3) ดำเนินการสร้างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาให้สอดคล้องกับตารางที่ 6 โดยกำหนดให้แบบทดสอบมีลักษณะเป็นปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 40 ข้อ มีข้อที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว คะแนนเต็ม 40 คะแนน โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนคือ ตอบถูกให้ 1 คะแนน ตอบผิดให้ 0 คะแนน แล้วประเมินผลคะแนนเป็นร้อยละเทียบกับเกณฑ์ของกระทรวงศึกษาธิการดังในตารางที่ 8

ตารางที่ 8 เกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ของกระทรวงศึกษาธิการ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

ช่วงคะแนน (ร้อยละ)	ความหมาย
80 - 100	ดีเยี่ยม
70 - 79	ดี
60 - 69	พอใช้
50 - 59	ผ่าน
0 - 49	ไม่ผ่าน

(4) นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและเหมาะสมทั้งด้านเนื้อหาและการใช้ภาษา จากนั้นนำคำแนะนำมาปรับปรุงแก้ไข

(5) นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิ 3 ท่าน (รายนามดังในภาคผนวก ก) ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (content validity) โดยพิจารณาความสอดคล้องระหว่างสาระที่ต้องการวัดกับข้อคำถามและระดับพฤติกรรม รวมทั้งการให้ข้อเสนอแนะเพื่อปรับปรุงแก้ไข แล้วคัดเลือกข้อสอบเพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่าง โดยพิจารณาจากข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (IOC) มากกว่า 0.67 เป็นต้นไป จากนั้นปรับปรุงแบบทดสอบตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ

ผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาและข้อเสนอแนะของผู้ทรง สรุปลงได้ดังนี้

5.1) การใช้ภาษา มีข้อควรปรับปรุง คือ ปรับภาษาให้สื่อได้ชัดเจนมากขึ้น และไม่กำกวม โดยเฉพาะภาษาที่ใช้ในตัวเลือก เช่น ข้อ 2 ปรับตัวเลือกในข้อ 1 จากเดิม “เพื่อยกเว้นจากด้านหลังของหลอดคอทำให้ทางเดินหายใจโล่ง” เปลี่ยนเป็น “เพื่อให้ตำแหน่งของลิ้นเคลื่อนจากหลอดคอทำให้ทางเดินหายใจโล่ง” ข้อ 6 ปรับข้อความในตัวเลือกที่ 2 จากเดิม “แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์จากท่อไอเสียไปรวมตัวกับฮีโมโกลบินกลายเป็นสารประกอบ” ปรับเป็น “แก๊สคาร์บอนมอนนอกไซด์จากท่อไอเสียทำให้ฮีโมโกลบินจับกับแก๊สออกซิเจนได้น้อยลง” และ ข้อ 17 ปรับคำถามจากเดิม “แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ไม่ไหลผ่านโครงสร้างหมายเลขใด” เปลี่ยนเป็น “โครงสร้างหมายเลขใดที่เลือดที่มีแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ต่ำไหลผ่าน”

5.2) ความถูกต้องของข้อความ มีข้อควรปรับปรุง คือ ปรับเนื้อหาที่ใช้ในการถามให้ชัดเจนและตรงประเด็น เช่น การปรับโครงสร้างที่ใช้ในการเปรียบเทียบให้อยู่ในกลุ่มเดียวกัน

(6) นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาไปทดลองใช้กับนักเรียน โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งที่มีใช้กลุ่มที่ศึกษา จำนวน 30 คน เพื่อตรวจสอบและนำผลที่ได้มาวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบโดยแบ่งการวิเคราะห์เป็น 2 แบบ ดังนี้

6.1) วิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบทั้งฉบับด้วยการคำนวณค่าความเที่ยงด้วยสูตรสัมประสิทธิ์แอลฟา (α -Coefficient) ของครอนบาร์ค ได้ค่าความเที่ยงเท่ากับ 0.73

6.2) วิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบรายข้อด้วยการตรวจสอบค่าความยาก (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) โดยค่าความยากมีค่าระหว่าง 0.35 - 0.78 และค่าอำนาจจำแนกมีค่าระหว่าง 0.32 - 0.72

(7) นำแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาไปใช้จริงกับกลุ่มที่ศึกษาเพื่อเก็บข้อมูลหลังการทดลอง

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลองสำหรับการวิจัยในครั้งนี้ คือ แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การรักษาคุณภาพในร่างกาย โดยมีขั้นตอนในการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้และตรวจสอบคุณภาพดังนี้

(1) ศึกษาลักษณะการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาจากเอกสาร ตำรา วารสาร และงานวิจัย รวมทั้งการศึกษาวิธีการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้จากเว็บไซต์ของหน่วยงานในประเทศไทย คือ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2557) และของหน่วยงานในต่างประเทศ คือ Institute of Electrical and Electronics Engineers (2013)

(2) นำผลการศึกษาค้นคว้าข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษา มาเทียบเคียงกับเนื้อหาสาระการเรียนรู้ มาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด ที่เกี่ยวข้องกับเรื่องการรักษาคุณภาพในร่างกาย ที่พบอยู่ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และศึกษาเนื้อหา เรื่อง การรักษาคุณภาพในร่างกาย ในหนังสือแบบเรียนสาขาวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อวิเคราะห์ความเป็นไปได้ในการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

(3) ร่างแผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาโดยสอดคล้องกับเนื้อหาหลักตามหน่วยการเรียนรู้ชีววิทยา เรื่อง การรักษาคุณภาพในร่างกาย ระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 และผนวกกิจกรรมที่ต้องอาศัยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมให้สอดคล้องกับเนื้อหาชีววิทยา โดยเน้นให้เห็นถึงความเชื่อมโยงและสถานการณ์ที่เกิดขึ้นจริงในสังคมโลก จำนวน 4 แผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วย รวมทั้งสิ้น 25 คาบ ดังแสดงในตารางที่ 9 โดยแต่ละแผนมีสถานการณ์ที่เอื้อให้นักเรียนได้สร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาตลอดจนความรู้และทักษะต่าง ๆ ที่นักเรียนต้องใช้ ดังในตารางที่ 10

ตารางที่ 9 หัวข้อและจำนวนคาบของแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วย เรื่อง การรักษาคุณภาพในร่างกาย

แผนที่	หัวข้อ	จำนวนคาบ
1	การแลกเปลี่ยนแก๊สและการไหลเวียนสารของสิ่งมีชีวิต - โครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ในการแลกเปลี่ยนแก๊สและการไหลเวียนสารของคนและสัตว์บางชนิด - ความผิดปกติและโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบหายใจและการหมุนเวียนเลือด	12
2	ระบบเลือดของคน - ส่วนประกอบของเลือด - หมู่เลือดและการให้เลือดในระบบ ABO - หมู่เลือดและการให้เลือดในระบบ Rh	4
3	การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิต - โครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ในการขับถ่ายของคนและสัตว์บางชนิด - ความผิดปกติและโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบขับถ่ายของคน	5
4	ระบบน้ำเหลืองและภูมิคุ้มกัน - โครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับระบบน้ำเหลือง - ประเภทและกลไกการสร้างภูมิคุ้มกันของคน	4
	รวม	25

ตารางที่ 10 จำนวนคาบเรียน สถานการณ์ ความรู้และทักษะที่ต้องใช้สร้างผลงานในแต่ละหัวข้อของ
หน่วยการเรียนรู้ (ต่อ)

แผน	หัวข้อ	สถานการณ์	ความรู้/ทักษะที่ต้องใช้ในการสร้างผลงาน
1	การแลกเปลี่ยนแก๊สของสิ่งมีชีวิตและการไหลเวียนสารของสิ่งมีชีวิต (12 คาบ)	บริษัทแห่งหนึ่งที่ทำการทดลองและผลิ ตู ป กรณ์ทางการแพทย์ทำท ายให้วิศวกรทำการออกแบบและสร้าง cardiopulmonary bypass เพื่อทำหน้าที่แทนปอดและหัวใจของผู้ป่วยขณะได้รับการผ่าตัด โดยกำหนดให้สิ่งประดิษฐ์นี้สามารถลำเลียงเลือดดำ 1 ลิตร ไปฟอกให้เป็นเลือดแดงโดยเลือกใช้สายยางและหัวปั๊มให้เหมาะสม เพื่อลำเลียงเลือดแดงกลับสู่ร่างกายผู้ป่วยภายในระยะที่กำหนด หากนักเรียนเป็นทีมวิศวกรนักเรียนจะออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์ได้อย่างไร	วิทยาศาสตร์ 1. โครงสร้างและการทำงานที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของสิ่งมีชีวิต 2. โครงสร้างและการทำงานที่ใช้ในการไหลเวียนสารของสิ่งมีชีวิต เทคโนโลยี 1. การสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนออนไลน์ 2. การใช้แอปพลิเคชัน ANATOMY 4D เพื่อศึกษาโครงสร้างปอดและหัวใจเพื่อนำไปสู่การออกแบบการแก้ปัญหา 3. การประยุกต์นำอุปกรณ์หรือวิธีการต่าง ๆ มาใช้ในการออกแบบสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหา วิศวกรรมศาสตร์ 1. การออกแบบการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมโดยคำนึงถึงทรัพยากรที่มีอยู่และข้อจำกัดด้านต่าง ๆ คณิตศาสตร์ 1. การเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงตัวเลข 2. การคำนวณอัตราการไหลของเลือดจำลองในระบบ
		ประเภทผลงาน : สิ่งประดิษฐ์ (ภาคผนวก ง)	

ตารางที่ 10 จำนวนคาบเรียน สถานการณ์ ความรู้และทักษะที่ต้องใช้สร้างผลงานในแต่ละหัวข้อของ
หน่วยการเรียนรู้ (ต่อ)

แผน	หัวข้อ	สถานการณ์	ความรู้/ทักษะที่ต้องใช้ในการสร้างผลงาน
2	ส่วนประกอบเลือดกับการให้เลือด (4 คาบ)	<p>หัวหน้าหมู่บ้านแห่งหนึ่งมอบหมายให้ทีมนักวิทยาศาสตร์ประจำหมู่บ้านหาวิธีการระบุนายาทที่แท้จริงเพื่อสืบทอดมรดกและตำแหน่งหัวหน้าหมู่บ้านโดยอาศัยการวิเคราะห์ข้อมูลหมู่เลือดและพันธุกรรม ภายใต้งบประมาณที่จำกัดของหมู่บ้าน</p> <p>จากสถานการณ์ดังกล่าวหากนักเรียนเป็นทีมนักวิทยาศาสตร์จะออกแบบวิธีการทดลองและการเลือกใช้อุปกรณ์อย่างไรเพื่อนำไปสู่การพิสูจน์และระบุนายาทที่แท้จริง</p> <p>ประเภทผลงาน : วิธีการ (ภาคผนวก ง)</p>	<p>วิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ส่วนประกอบของเลือดและการจำแนกประเภทของหมู่เลือดระบบ ABO และระบบ Rh 2. หลักการให้และรับเลือดอย่างปลอดภัย <p>เทคโนโลยี</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ 2. การใช้อุปกรณ์หรือวิธีการต่าง ๆ ในการออกแบบการแก้ปัญหา <p>วิศวกรรมศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การออกแบบการแก้ปัญหาด้วยกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมโดยคำนึงถึงความปลอดภัยและทรัพยากรที่จำกัด <p>คณิตศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การคำนวณความน่าจะเป็นในการถ่ายทอดพันธุกรรมผ่านทางหมู่เลือด 2. การคำนวณปริมาณสารที่ต้องใช้ทดสอบ

ตารางที่ 10 จำนวนคาบเรียน สถานการณ์ ความรู้และทักษะที่ต้องใช้สร้างผลงานในแต่ละหัวข้อของ
หน่วยการเรียนรู้ (ต่อ)

แผน	หัวข้อ	สถานการณ์	ความรู้/ทักษะที่ต้องใช้ในการสร้างผลงาน
3	การถ่ายภาพ ของสิ่งมีชีวิต (5 คาบ)	บริษัทแห่งหนึ่งที่ทำ การทดลองและผลิต อุปกรณ์ทางการแพทย์ ทำทนายให้ทีมวิศวกรทำ การออกแบบและสร้าง Hemodialysis ซึ่ง เป็น อุปกรณ์กรองของเสีย ออกจากเลือด เพื่อ แก้ปัญหาให้กับผู้ป่วยที่ไต ทำงานบกพร่องโดย สามารถกำจัดยูเรียออก จากเลือดได้ จากสถานการณ์ดังกล่าว หากนักเรียนเป็นทีม วิศวกรนักเรียนจะ ออกแบบและสร้าง อุปกรณ์ได้อย่างไร ประเภทผลงาน : สิ่งประดิษฐ์ (ภาคผนวก ง)	วิทยาศาสตร์ 1. โครงสร้างและการทำงานที่ใช้ในการ ถ่ายภาพของสิ่งมีชีวิต เทคโนโลยี 1. การสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนออนไลน์ 2. การใช้แอปพลิเคชัน ANATOMY 4D เพื่อ ศึกษาโครงสร้างปอดและหัวใจเพื่อนำไปสู่การ ออกแบบการแก้ปัญหา 3. การประยุกต์นำอุปกรณ์หรือวิธีการต่าง ๆ มาใช้ในการออกแบบสิ่งประดิษฐ์ในการ แก้ปัญหา วิศวกรรมศาสตร์ 1. การออกแบบการแก้ปัญหาด้วย กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมโดย คำนึงถึงความปลอดภัยและทรัพยากรที่จำกัด คณิตศาสตร์ 1. เก็บรวบรวมข้อมูลเชิงตัวเลข 2. การคำนวณอัตราการไหลของยูเรียใน ระบบจำลอง

ตารางที่ 10 จำนวนคาบเรียน สถานการณ์ ความรู้และทักษะที่ต้องใช้สร้างผลงานในแต่ละหัวข้อของ
หน่วยการเรียนรู้ (ต่อ)

แผน	หัวข้อ	สถานการณ์	ความรู้/ทักษะที่ต้องใช้ในการสร้างผลงาน
4	ระบบ น้ำเหลือง และ ภูมิคุ้มกัน (4 คาบ)	สถานการณ์ที่แสดงให้เห็นถึงผู้ป่วยที่ได้รับเชื้อ HIV ซึ่งส่งผลโดยตรงกับ T-Cell ที่ถูกสร้างมาจากอวัยวะน้ำเหลือง ซึ่งเป็นภูมิคุ้มกันของร่างกายโดยนักเรียนต้องคิดหาวิธีแก้ปัญหาให้กับผู้ป่วยโดยการสร้างตัวมายับยั้งการติดเชื้อ HIV ในร่างกายให้ช้าลง โดยใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ในการสร้างแอนิเมชันแสดงกลไกการทำงานของตัวยาโดยระบุเหตุผลแสดงให้เห็นว่าวิธีการดังกล่าวประหยัดค่าใช้จ่ายและมีความปลอดภัยแก่ร่างกายของผู้ป่วยมากที่สุด	<p>วิทยาศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. โครงสร้างและการทำงานของระบบน้ำเหลืองและภูมิคุ้มกัน <p>เทคโนโลยี</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การสืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนออนไลน์ 2. การใช้แอปพลิเคชัน ANATOMY 4D เพื่อศึกษาโครงสร้างของอวัยวะน้ำเหลืองเพื่อนำไปสู่การออกแบบการแก้ปัญหา 3. การประยุกต์นำอุปกรณ์หรือวิธีการต่าง ๆ มาใช้ในการออกแบบสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหา <p>วิศวกรรมศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. สร้างและใช้แบบจำลองในการวิเคราะห์วิธีการแก้ปัญหาเพื่อระบุข้อบกพร่องที่อาจเกิดขึ้นหรือการทดสอบความเป็นไปได้ของวิธีการ <p>คณิตศาสตร์</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. การใช้รูปร่างทางเรขาคณิตในการสร้างแบบจำลองอย่างเหมาะสม
		ประเภทผลงาน : วิธีการ (ภาคผนวก ง)	

(4) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจพิจารณาในด้านความถูกต้องและความสอดคล้องของวัตถุประสงค์ เนื้อหา กิจกรรมการเรียน การรู้ชีววิทยาตามแนวคิด สะเต็มศึกษา จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

(5) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วให้ผู้ทรงคุณวุฒิซึ่งมีประสบการณ์สอนชีววิทยา จำนวน 3 ท่าน (รายนามตั้งในภาคผนวก ก) ตรวจพิจารณาแผนการจัดการเรียนรู้ซึ่งประกอบด้วย จุดประสงค์การเรียนรู้ สารสำคัญ สารการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล

ข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้ สรุปได้ดังนี้

5.1) ความเหมาะสมของสถานการณ์ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ มีข้อควรปรับปรุง คือ ลดความซับซ้อนของกิจกรรมให้สอดคล้องกับองค์ความรู้ทางชีววิทยาที่นักเรียนต้องใช้ และปรับการเขียนสถานการณ์ให้เอื้อต่อการสร้างสิ่งประดิษฐ์ได้หลาย ๆ แบบ โดยข้อมูลในสถานการณ์ไม่ควรขึ้นำนักเรียนมากเกินไป หรือกำหนดมากเกินไป เพื่อให้ผู้เรียนมีอิสระในการคิด ออกแบบมากขึ้น

5.2) ความเหมาะสมของกิจกรรมการเรียนรู้ มีข้อควรปรับปรุง คือ ปรับกิจกรรมให้เน้นองค์ประกอบของคณิตศาสตร์มากขึ้น เช่น กิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนได้มีโอกาสเลือกเครื่องมือมาใช้ในการวัดขนาดปอด การอ่านคำนวณอัตราการหายใจ

(6) นำคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิมาปรับปรุงแก้ไขให้ถูกต้องและครบถ้วน จากนั้นนำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจพิจารณาอีกครั้งหนึ่ง

(7) นำแผนการสอนจำนวน 1 แผน โดยใช้เรื่อง การแลกเปลี่ยนแก๊สและการไหลเวียนสารของสิ่งมีชีวิต ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่มีไข่มดกลุ่มที่ศึกษา จำนวน 30 คน สรุปได้ดังนี้

7.1) การดำเนินกิจกรรมปฏิบัติการทดลอง พบว่า นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมการทดลองได้สำเร็จตามเวลาที่กำหนด มีนักเรียนเพียงบางกลุ่มเตรียมตัวอย่างปอดและหัวใจที่ไม่สด มีรอยช้ำและไม่สมบูรณ์ จึงทำให้ศึกษาด้วยความยากลำบาก ดังนั้นครูควรชี้แจงและเน้นย้ำคำสั่งการเตรียมตัวอย่างสดให้ชัดเจน พร้อมนำเสนอตัวอย่างสดของจริงมาให้นักเรียนชม

7.2) การดำเนินกิจกรรมการออกแบบผลงาน พบว่า นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมได้คล่องแคล่วและดำเนินการอย่างเป็นขั้นตอน มีนักเรียนเพียงบางกลุ่มไม่สามารถคิดและเขียนแบบร่างได้ อาจเนื่องมาจากนักเรียนไม่เคยมีประสบการณ์ในการเรียนรู้ที่ต้องอาศัยการออกแบบหรือมีพื้นฐานความรู้ไม่เพียงพอ ดังนั้นครูต้องทบทวนความรู้ซ้ำ และแนะนำให้นักเรียนไปสืบค้นข้อมูล

เพิ่มเติมในแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ ห้องสมุด หรือการสอบถามผู้รู้ เพื่อให้มีฐานข้อมูลเพียงพอในการคิด และเขียนแบบร่างผลงาน

7.3) การดำเนินกิจกรรมการสร้างผลงาน พบว่า นักเรียนปฏิบัติกิจกรรมการสร้างผลงานได้สำเร็จตามเวลาและแก้ปัญหาได้อย่างบรรลุเกณฑ์ที่กำหนด มีนักเรียนเพียงบางกลุ่มสร้างผลงานไม่เสร็จตามเวลาที่กำหนด เนื่องมาจากนักเรียนไม่มีการแบ่งหน้าที่จัดสรรภาระงานภายในกลุ่มให้ชัดเจน จึงทำให้การทำงานเป็นไปด้วยความยากลำบาก ดังนั้นครูควรชี้แจงและเน้นย้ำเรื่องของการแบ่งบทบาทหน้าที่ภายในกลุ่มเพื่อความรวดเร็วในการสร้างผลงาน

7.4) การดำเนินกิจกรรมสื่อสารผลงานของนักเรียน พบว่า นักเรียนสามารถนำเสนอวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน มีนักเรียนเพียงบางกลุ่มไม่สามารถนำเสนอความรู้และทักษะตามองค์ประกอบของสะเต็มศึกษาได้ ต้องอาศัยการชี้แนะเพิ่มเติมจากครู ดังนั้นครูควรจัดทำใบงานที่แสดงตารางองค์ประกอบของสะเต็มศึกษาให้นักเรียนเขียนความรู้หรือทักษะที่ใช้ลงในตารางตามองค์ประกอบของสะเต็มศึกษาเพื่อช่วยทบทวนนักเรียนก่อนขึ้นนำเสนอ

(8) นำแผนการจัดการเรียนรู้ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่มีใช้กลุ่มที่ศึกษา มาปรับปรุงแก้ไขก่อนนำไปใช้จริงกับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา

4. การดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล

ดำเนินการทดลองสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย และเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตัวผู้วิจัยเอง ตามขั้นตอนดังนี้

4.1 การเตรียมนักเรียนก่อนดำเนินการทดลอง

วัดความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนเรียนกับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา จากนั้นแนะนำรายวิชาเรียน ชี้แจงจุดประสงค์ วิธีการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาใน 2 ประเด็น คือ (1) ลักษณะของการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา และ (2) บทบาทของครูและนักเรียน

4.2 การดำเนินการทดลอง

ดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย โดยดำเนินการทดลองรวมทั้งสิ้น 25 คาบ คาบละ 50 นาที โดยพบข้อสังเกตว่านักเรียนสามารถสร้างวิธีการแก้ปัญหาได้หลายวิธีมากขึ้นเมื่อผ่านการเรียนในแต่ละหน่วย รวมทั้งปฏิบัติการสร้างผลงานได้คล่องแคล่วขึ้น เพราะมีการแบ่งบทบาทหน้าที่ในการทำงานอย่างชัดเจน นอกจากนี้นักเรียนมีการจดบันทึกข้อดี ข้อบกพร่องของผลงานได้ละเอียดยิ่งขึ้นในการ

สร้างผลงานแผนที่ 3 และ 4 นอกจากนี้นักเรียนสามารถนำเสนอและอภิปรายผลการแก้ปัญหาได้ดีขึ้น กล่าวคือ นักเรียนสามารถพูดสื่อสารความรู้และทักษะที่ใช้ในการแก้ปัญหาได้ครบองค์ประกอบของ สะเต็มศึกษา เนื่องจากมีการบันทึกสรุปลงในใบงานที่ครูจัดเตรียมไว้

4.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลอง

หลังการดำเนินการทดลองครบตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดแล้ว ได้ดำเนินการ เก็บรวบรวมข้อมูลหลังการทดลองของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา ด้วยการวัดความสามารถในการแก้ปัญหา หลังเรียนและทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย

5. การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ วิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาและ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ดังนี้

5.1 การวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา

- 1) คำนวณคะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$) และส่วน เบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียนของนักเรียน กลุ่มที่ศึกษา
- 2) จำแนกนักเรียนตามระดับความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน ก่อนและหลังเรียนจากคะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$) โดยเทียบจากเกณฑ์การ ประเมินระดับความสามารถในการแก้ปัญหาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น
- 3) คำนวณค่าดัชนีความก้าวหน้าด้านความสามารถในการแก้ปัญหาของ นักเรียนเพื่อวิเคราะห์ระดับพัฒนาการของคะแนนก่อนเรียนกับหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา โดยใช้สูตรของ Hake (1999) ดังนี้

$$\text{ดัชนีความก้าวหน้า} = \frac{(\text{ร้อยละคะแนนหลังเรียน} - \text{ร้อยละคะแนนก่อนเรียน})}{(100 - \text{ร้อยละคะแนนก่อนเรียน})}$$

- 4) จำแนกนักเรียนจากระดับของดัชนีความก้าวหน้าด้านความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาโดยเทียบจากเกณฑ์การประเมินระดับความก้าวหน้าของ Hake (1999) ดังในตารางที่ 11

ตารางที่ 11 เกณฑ์การประเมินระดับความก้าวหน้า (Hake, 1999)

ดัชนีความก้าวหน้า	ระดับความก้าวหน้า
0.00 – 0.29	สูง
0.30 – 0.69	กลาง
0.70 – 1.00	ต่ำ

5) ทดสอบความแตกต่างของค่าเฉลี่ยของคะแนนที่ได้จากแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการทดสอบที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่เป็นอิสระต่อกัน (t -test for dependent group) โดยทดสอบแบบทางเดียว (One-tailed test) และกำหนดระดับนัยสำคัญที่ระดับ .05

5.2 การวิเคราะห์คะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

1) คำนวณคะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ (\bar{X} ร้อยละ) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา

2) เทียบคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษากับเกณฑ์การประเมินผลสัมฤทธิ์ของกระทรวงศึกษาธิการ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551)

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง ผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียน ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ตอน ดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหา

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหา

การวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหา เป็นการวัดความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนทุกคนในกลุ่มที่ศึกษาด้วยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา ซึ่งมีคะแนนเต็ม 30 คะแนน จากนั้นจึงนำผลคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ดังนี้

1.1 การวิเคราะห์จำนวนนักเรียนตามระดับความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาโดยจำแนกตามระดับความสามารถ

ในการวิเคราะห์คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหานั้น พิจารณาเทียบกับเกณฑ์การประเมินระดับความสามารถในการแก้ปัญหา คือ ดีมาก ดี พอใช้ ปรับปรุง ได้ผลดังในตารางที่ 12

ตารางที่ 12 จำนวนนักเรียน ร้อยละ เกณฑ์ระดับความสามารถของความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา (N = 42)

ระดับ ความสามารถ	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
ดีมาก	6	14	26	62
ดี	30	72	16	38
พอใช้	6	14	0	0
ปรับปรุง	0	0	0	0

จากตารางที่ 12 พบว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนเรียนอยู่ในระดับดีมาก จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 14 โดยนักเรียนทุกคนในกลุ่มนี้มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา หลังเรียนในระดับดีมาก

นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนเรียนอยู่ในระดับดี จำนวน 30 คน คิดเป็นร้อยละ 72 โดยเป็นนักเรียนที่ได้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา หลังเรียนอยู่ในระดับดีมาก 19 คน และอยู่ในระดับดี 11 คน

นักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนเรียนอยู่ในระดับพอใช้ จำนวน 6 คน คิดเป็นร้อยละ 14 โดยเป็นนักเรียนที่ได้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา หลังเรียนอยู่ในระดับดีมาก 1 คน และอยู่ในระดับดี 5 คน

1.2 การวิเคราะห์ค่าดัชนีความก้าวหน้าด้านความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียน

ในการวิเคราะห์ค่าดัชนีความก้าวหน้าด้านความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนนั้น พิจารณาเทียบกับเกณฑ์การประเมินระดับดัชนีความก้าวหน้า 3 ระดับ คือ สูง ปานกลาง ต่ำ ได้ผลดังในตารางที่ 13

ตารางที่ 13 จำนวนนักเรียน ค่าดัชนีความก้าวหน้า และระดับความก้าวหน้าของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา (N = 42)

ระดับความก้าวหน้า	นักเรียน		ค่าดัชนีความก้าวหน้า	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	\bar{X}	S.D.
สูง	3	7	0.72	0.01
ปานกลาง	15	36	0.42	0.10
ต่ำ	24	57	0.18	0.06

จากตารางที่ 13 พบว่า นักเรียนที่มีค่าดัชนีความก้าวหน้าด้านความสามารถในการแก้ปัญหา อยู่ในระดับสูง จำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 7 จำแนกเป็น 2 กรณี ดังนี้

- 1) นักเรียนที่มีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาจากระดับพอใช้ไปสู่ระดับดีมาก 1 คน
- 2) นักเรียนที่มีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาจากระดับดีไปสู่ระดับดีมาก 2 คน

นักเรียนที่มีค่าดัชนีความก้าวหน้าด้านความสามารถในการแก้ปัญหาอยู่ในระดับปานกลาง จำนวน 15 คน คิดเป็นร้อยละ 36 จำแนกเป็น 3 กรณีดังนี้

- (1) นักเรียนที่มีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาจากระดับพอใช้ไปสู่ระดับดี 5 คน
- (2) นักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาจากระดับดีไปสู่ระดับดีมาก 7 คน
- (3) นักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาระดับดีมากคงเดิม 2 คน
- (4) นักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาระดับดีคงเดิม 1 คน

นักเรียนที่มีค่าดัชนีความก้าวหน้าด้านความสามารถในการแก้ปัญหาอยู่ในระดับต่ำ 24 คน คิดเป็นร้อยละ 57 จำแนกเป็น 3 กรณีดังนี้

- (1) นักเรียนที่มีความสามารถในการแก้ปัญหาจากระดับดีไปสู่ระดับดีมาก 10 คน
- (2) นักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาระดับดีมากคงเดิม 4 คน
- (3) นักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาระดับดีคงเดิม 10 คน

1.3 การวิเคราะห์ระดับความก้าวหน้าด้านความสามารถในการแก้ปัญหา ของนักเรียน จำแนกตามขั้นตอนการแก้ปัญหาดังในตารางที่ 14
ตารางที่ 14 จำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความก้าวหน้าจำแนกตามขั้นตอนการแก้ปัญหา (N = 42)

ขั้นตอนการแก้ปัญหา	ระดับความก้าวหน้า					
	สูง		ปานกลาง		ต่ำ	
	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ	จำนวน (คน)	ร้อยละ
1.การนิยามปัญหา	0	0	14	33	28	67
2.การสร้างวิธีการแก้ปัญหา	15	36	17	41	10	23
3.การเลือกวิธีการแก้ปัญหา	11	26	4	10	27	64
4.การปฏิบัติตามวิธีการแก้ปัญหา	6	14	6	14	30	72
5.การประเมินผล	8	18	17	41	17	41

จากตารางที่ 14 พบว่า ในขั้นตอนการสร้างวิธีการแก้ปัญหาเป็นขั้นที่นักเรียนมีคะแนนในระดับความก้าวหน้าสูงจำนวนมากที่สุด คือ 15 คน จำแนกเป็น 3 กรณีดังนี้

- (1) นักเรียนที่มีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาจากระดับปรับปรุงไปสู่ระดับดีมาก 1 คน
- (2) นักเรียนที่มีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาจากระดับพอใช้ไปสู่ระดับดีมาก 3 คน
- (3) นักเรียนที่มีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาจากระดับดีไปสู่ระดับดีมาก จำนวน 4 คน
- (4) นักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาระดับดีมากคงเดิม จำนวน 7 คน

ในขั้นตอนการปฏิบัติตามวิธีการแก้ปัญหาเป็นขั้นที่นักเรียนมีคะแนนในระดับความก้าวหน้าต่ำจำนวนมากที่สุด คือ 30 คน จำแนกเป็น 5 กรณีดังนี้

- (1) นักเรียนที่มีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาจากระดับปรับปรุงไปสู่ระดับพอใช้ 2 คน
- (2) นักเรียนที่มีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาจากระดับพอใช้ไปสู่ระดับดี 7 คน
- (3) นักเรียนที่มีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาระดับพอใช้คงเดิม 1 คน
- (4) นักเรียนที่มีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาระดับดีคงเดิม 10 คน
- (5) นักเรียนที่มีระดับความสามารถในการแก้ปัญหาระดับดีมากคงเดิม 10 คน

1.4 การวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาโดยพิจารณาตามความสามารถในการแก้ปัญหาจำแนกตามขั้นตอนการแก้ปัญหา ได้แก่ การนิยามปัญหา การสร้างวิธีการแก้ปัญหา การเลือกวิธีการแก้ปัญหา การปฏิบัติตามวิธีการแก้ปัญหา และการประเมินผลการแก้ปัญหา โดยมีคะแนนเต็ม 9 6 3 6 และ 6 คะแนน ตามลำดับดังในตารางที่ 15

ตารางที่ 15 คะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และการทดสอบที (t -test) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา จำแนกตามขั้นตอนการแก้ปัญหา (N = 42)

ขั้นตอนการแก้ปัญหา	ก่อนเรียน			หลังเรียน			t
	\bar{X}	$\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$	S.D.	\bar{X}	$\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$	S.D.	
1.การนิยามปัญหา	6.33	70.33	1.56	6.69	74.33	0.89	1.44
2.การสร้างวิธีการแก้ปัญหา	3.74	62.33	1.34	5.14	85.67	0.64	6.77*
3.การเลือกวิธีการแก้ปัญหา	2.02	67.33	0.64	2.24	74.66	0.69	1.46
4.การปฏิบัติตามวิธีการแก้ปัญหา	3.24	54.00	1.54	3.97	66.17	1.07	3.00*
5.การประเมินผล	4.04	67.33	1.17	4.86	81.00	0.81	3.26*

* $p < .05$

จากตารางที่ 15 พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียน ในขั้นตอนการสร้างวิธีการแก้ปัญหา การปฏิบัติตามวิธีการแก้ปัญหา การประเมินผล สูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 แต่ในขั้นการนิยามปัญหา และการเลือกวิธีการแก้ปัญหา นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียนไม่แตกต่างกัน

1.5 การวิเคราะห์ระดับความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา จำแนกตามขั้นตอนการแก้ปัญหา ดังในตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ร้อยละคะแนนหลังเรียน ($\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$) และระดับความสามารถของความสามารถในการแก้ปัญหา จำแนกตามขั้นตอนการแก้ปัญหา

ขั้นตอนการแก้ปัญหา	หลังเรียน		ระดับความสามารถ
	$\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$	S.D.	
1.การนิยามปัญหา	74.33	0.89	ดี
2.การสร้างวิธีการแก้ปัญหา	85.67	0.64	ดีมาก
3.การเลือกวิธีการแก้ปัญหา	74.66	0.69	ดี
4.การปฏิบัติตามวิธีการแก้ปัญหา	66.17	1.07	ดี
5.การประเมินผล	81.00	0.81	ดีมาก

จากตารางที่ 16 พบว่า ในขั้นตอนการสร้างวิธีการแก้ปัญหาและการประเมินผล นักเรียนมีร้อยละคะแนนเฉลี่ย 85.67 และ 81.00 จัดอยู่ในระดับดีมาก โดยตัวอย่างคำตอบของนักเรียนแสดงดังต่อไปนี้

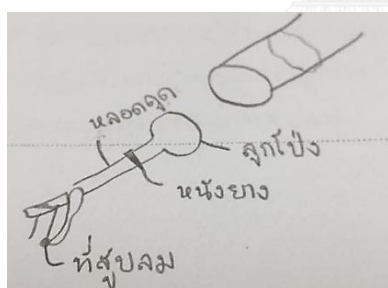
ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ได้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนระดับดีมาก

ข้อที่ 4. จากข้อบกพร่องของอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือดที่ระบุในข้อ 2 ให้นักเรียนนำเสนอแบบร่างอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือดแบบใหม่ มา 2 แบบ โดยวาดภาพร่างลงในพื้นที่ด้านล่าง รวมทั้งระบุความแตกต่างระหว่างแบบใหม่และแบบเดิม (วัดความสามารถในขั้นตอนการสร้างวิธีการแก้ปัญหา)

ข้อมูลสิ่งประดิษฐ์เดิม วิศวกรฝึกหัดเลือกใช้หลอดดูดน้ำขนาดเล็ก ราคา 7 บาท และลูกโป่งแบบกลม ราคา 15 บาท ที่สูบลูกขนาดเล็ก ราคา 40 บาท หนึ่งยาง 1 เส้น เส้นละ 5 บาท มาใช้ในการอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือด โดยนำลูกโป่งแบบกลมสวมเข้าที่ปลายหลอดดูดน้ำก่อนจะสอดเข้าไปในสายยางแบบแข็ง จากนั้นสูบลมเข้าไปเพื่อให้ลูกโป่งพองตัว ซึ่งเป็นการขยายหลอดเลือดส่วนที่มีไขมันอุดตันให้กว้างขึ้นเพื่อให้เลือดไหลเวียนได้

4.1 แบบร่างอุปกรณ์แบบที่ 1

ข้อแตกต่างจากแบบเดิม

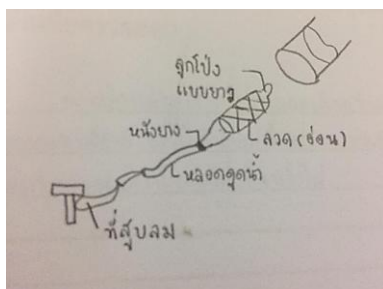


ใช้หนึ่งยาง 2 เส้นรัดลูกโป่งกับหลอด

4.2 แบบร่างอุปกรณ์แบบที่ 2

ข้อแตกต่างจากแบบเดิม

ใช้หลอดดูดน้ำขนาดใหญ่



ใช้ลูกโป่งแบบยาว

ใช้หนึ่งยาง 2 เส้นรัดลูกโป่งกับหลอด

ใช้ที่สูบลมขนาดกลาง

ใช้ลวดอ่อน

ข้อที่ 6. เมื่อนักเรียนสร้างอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือดเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ระบุขั้นตอนหรือวิธีการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงาน จากนั้นลงมือตรวจสอบ (วัดความสามารถในขั้นตอนการประเมินผล)

การทดสอบอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือด ประกอบด้วย 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. นำอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือดที่สร้างขึ้นประกอบเข้ากับสายยาง
2. ทดสอบอุปกรณ์ด้วยการสูบลมเข้าลูกโป่งจำนวน 1 ครั้ง และวัดขนาดการขยายตัวของสายยาง
3. ดำเนินการตามขั้นตอนที่ 2 จนเห็นว่าสายยางขยายตัวมากพอแล้ว
4. ดำเนินการรินน้ำจำนวน 1 ลิตร ให้ไหลผ่านเข้าไปในสายยาง พร้อมบันทึกระยะเวลาที่ใช้ในการไหลตั้งแต่เริ่มรินจนน้ำหมด
5. สรุปผลว่า อุปกรณ์ดังกล่าวช่วยให้สายยางขยายตัวเพียงพอที่จะนำไหลผ่านสายยางน้อยกว่าหรือเท่ากับ 20 วินาทีหรือไม่
6. จากข้อ 5 ถ้าอุปกรณ์ยังไม่สามารถแก้ปัญหาได้บรรลุเป้าหมายตามเกณฑ์ ให้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขจนกว่าจะสำเร็จ

ข้อที่ 7. จากการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือดที่นักเรียนสร้างขึ้น ให้นักเรียนระบุข้อดี ข้อบกพร่องและเสนอแนะสำหรับครั้งต่อไป

ข้อดี อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมีความแข็งแรงดี สามารถบรรจุเข้ากับสายยางโดยไม่ชำรุดระหว่างทาง รวมทั้งลูกโป่งแบบยาวที่ประกอบร่วมกับลวดตาข่าย สามารถขยายสายยางได้ขนาดที่เพียงพอที่น้ำจะไหลผ่านภายในระยะที่กำหนดไว้ตามเกณฑ์

ข้อบกพร่อง เมื่อใช้อุปกรณ์นี้ในการแก้ปัญหามากกว่า 1 ครั้ง ลวดตาข่ายจะไม่คืนตัวกลับมาเป็นสภาพเดิม ทำให้อุปกรณ์สามารถใช้ได้แค่ครั้งเดียว รวมทั้งลูกโป่งจะสูญเสียความยืดหยุ่นด้วย ถ้าหากมีการใช้อุปกรณ์นี้หลาย ๆ ครั้ง

ข้อเสนอแนะ คือ อาจมีการเลือกใช้ลูกโป่งคุณภาพดีขึ้น หรือมีรูปทรงอื่นๆ มาใช้ในการสร้างอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือด นอกจากนี้อาจใช้วัสดุอื่นมาทดแทนลวด เช่น เอ็นตกปลา ลวดดัดก้านดอกไม้ประดิษฐ์ อาจจะทำให้อุปกรณ์สามารถแก้ปัญหาได้หลายครั้ง โดยไม่ชำรุดหรือเสียคุณภาพ

หมายเหตุ คำตอบของนักเรียนทุกข้อแสดงไว้ดังในภาคผนวก จ

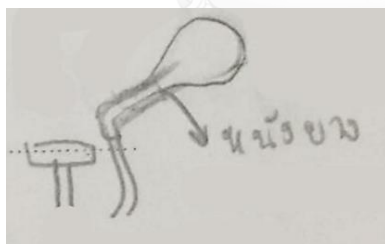
จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ได้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนระดับดีมาก โดยในข้อ 4 เป็นการวัดในขั้นตอนการสร้างวิธีการแก้ปัญหา พบว่า นักเรียนสามารถเขียนแบบร่างทั้งสองแบบได้แตกต่างจากแบบเดิมที่ปรากฏในสถานการณ์ปัญหา โดยแบบร่างทั้งสองมีการระบุส่วนที่แตกต่างจากเดิมได้ชัดเจน รวมทั้งนักเรียนวาดรูปและระบุชื่อส่วนประกอบต่าง ๆ ของวัสดุอุปกรณ์ในแบบร่างอย่างครบถ้วน ทำให้นักเรียนสามารถพิจารณาเปรียบเทียบเพื่อเลือกแบบร่างเดียวที่มีความเป็นไปได้ที่จะแก้ปัญหาได้สำเร็จได้ดีขึ้น ในขณะที่ข้อ 6 และ 7 เป็นการวัดในขั้นตอนการประเมินผลการแก้ปัญหา พบว่า นักเรียนสามารถระบุขั้นตอนการทดสอบได้อย่างละเอียดและมีลำดับขั้นตอนที่ชัดเจน มีความรัดกุมที่จะทดสอบวิธีการแก้ปัญหาได้อย่างถูกต้อง รวมทั้งนักเรียนสามารถเขียนระบุข้อดี ข้อบกพร่อง และข้อเสนอแนะ ได้อย่างละเอียด มองเห็นถึงคุณภาพของสิ่งประดิษฐ์ที่สามารถแก้ปัญหาได้ดี สามารถระบุข้อบกพร่องที่จำเป็นต้องแก้ไขได้ และเขียนถึงข้อเสนอแนะที่มีความเป็นไปได้ว่า หากมีการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์จะสามารถแก้ปัญหาได้ดีขึ้นในครั้งต่อไป

ตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ได้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนระดับดี

ข้อที่ 4. จากข้อบกพร่องของอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือด ที่ระบุในข้อ 2 ทำให้นักเรียนนำเสนอแบบร่างอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือดแบบใหม่ มา 2 แบบ โดยวาดภาพร่างลงในพื้นที่ด้านล่าง รวมทั้งระบุความแตกต่างระหว่างแบบใหม่และแบบเดิม (วัดความสามารถในขั้นตอนการสร้างวิธีการแก้ปัญหา)

4.1 แบบร่างอุปกรณ์แบบที่ 1

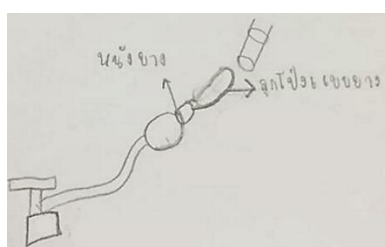
ข้อแตกต่างจากแบบเดิม



ใช้หนังยาง 2 เส้น

4.2 แบบร่างอุปกรณ์แบบที่ 2

ข้อแตกต่างจากแบบเดิม



ใช้ลูกโป่งแบบยาว

ใช้หนังยาง 2 เส้น

ใช้ที่สูบลมขนาดกลาง

ข้อที่ 6. เมื่อนักเรียนสร้างอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือดเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ระบุขั้นตอนหรือวิธีการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงาน จากนั้นลงมือตรวจสอบ (วัดความสามารถในขั้นตอนการประเมินผล)

การทดสอบอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือด ประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. สูดลมเข้าลูกโป่งเพื่อให้สายยางขยายตัว
2. สังเกตว่าสายยางขยายตัวหรือไม่
3. นำน้ำเทลงไปในสายยางเพื่อพิจารณาการไหลของน้ำในสายยาง
4. บันทึกระยะเวลาการไหลของน้ำ

ข้อที่ 7. จากการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือดที่นักเรียนสร้างขึ้น ให้นักเรียนระบุข้อดี ข้อบกพร่องและเสนอแนะสำหรับการสร้างครั้งต่อไป

ข้อดี อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นสามารถแก้ปัญหาได้ โดยทำให้น้ำไหลผ่านสายยางน้อยกว่า 20 วินาที

ข้อบกพร่อง คือ การปั๊มลูกโป่งโดยใช้ที่สูบลมต้องปั๊มหลายครั้งกว่าลูกโป่งจะพองและทำให้สายยางขยายตัว ทำให้เสียเวลา

ข้อเสนอแนะ คือ อาจมีการเพิ่มความเร็วในการสูดลมเพื่อให้สายยางขยายตัวเร็ว

จากตัวอย่างคำตอบของนักเรียนที่ได้คะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนระดับดี โดยในข้อ 4 เป็นการวัดในขั้นตอนการสร้างวิธีการแก้ปัญหา พบว่า นักเรียนสามารถเขียนแบบร่างทั้งสองแบบได้แตกต่างจากแบบเดิมที่ปรากฏในสถานการณ์ปัญหา แต่แบบร่างทั้งสองยังขาดรายละเอียดของส่วนประกอบในภาพ ในขณะที่ข้อ 6 และ 7 เป็นการวัดในขั้นตอนการประเมินผลการแก้ปัญหา พบว่า นักเรียนสามารถระบุขั้นตอนการทดสอบหลักได้ถูกต้อง แต่ยังขาดขั้นตอนย่อยที่สำคัญบางขั้นไป รวมทั้งยังขาดรายละเอียดในส่วนของข้อเสนอแนะที่ไม่สื่อถึงความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหาได้สำเร็จเท่าที่ควร

หมายเหตุ คำตอบของนักเรียนทุกข้อแสดงไว้ดังในภาคผนวก จ

1.6 การเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนเรียนและหลังเรียน
ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา ดังในตารางที่ 17

ตารางที่ 17 คะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) เกณฑ์
ระดับความสามารถ และการทดสอบที (t-test) ของคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา ก่อนและ
หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา (N = 42)

กลุ่มที่ศึกษา	ค่าสถิติ	คะแนน	คะแนน	\bar{X}	$\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$	S.D.	t
		ต่ำสุด	สูงสุด				
ก่อนเรียน		10	25	19.33	64.43	3.86	6.89*
หลังเรียน		19	27	22.90	76.35	2.16	

* $p < .05$

จากตารางที่ 17 พบว่า นักเรียนกลุ่มที่ศึกษามีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหา
ก่อนเรียนเท่ากับ 19.33 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 64.43 ซึ่งอยู่ในระดับดี และมีคะแนนเฉลี่ย
ความสามารถในการแก้ปัญหาลงเรียน 22.90 คะแนน คิดเป็นร้อยละ 76.35 ซึ่งอยู่ในระดับดีมาก
เมื่อทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยด้วยการทดสอบที พบว่า นักเรียนกลุ่มที่ศึกษามีคะแนน
เฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาลงเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

การวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เป็นการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน
ชีววิทยาของนักเรียนทุกคนในกลุ่มที่ศึกษาด้วยแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา
ซึ่งมีคะแนนเต็ม 40 คะแนน โดยมีการทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเสร็จสิ้นการเรียน จากนั้น
นำคะแนนเฉลี่ยมาวิเคราะห์ดังนี้

2.1 การวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่
ศึกษาโดยพิจารณาตามพฤติกรรมการเรียนรู้ 4 ด้าน ได้แก่ (1) ความจำ (2) ความเข้าใจ
(3) กระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ และ (4) การนำความรู้หรือวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้
ซึ่งมีคะแนนเต็มเท่ากับ 8 18 8 และ 6 คะแนน ตามลำดับ ดังในตารางที่ 18

ตารางที่ 18 คะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ ($\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) และเกณฑ์ระดับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาจำแนกตามพฤติกรรมการเรียนรู้ (N = 42)

พฤติกรรม	กลุ่มที่ศึกษา			ระดับผลสัมฤทธิ์
	\bar{X}	$\bar{X}_{\text{ร้อยละ}}$	S.D.	
1.ความจำ	5.90	73.75	1.16	ดี
2.ความเข้าใจ	12.97	72.06	1.23	ดี
3.กระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์	6.09	76.13	0.69	ดี
4.การนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้	5.30	88.33	0.84	ดีเยี่ยม
รวม	30.26	75.65	0.63	ดี

จากตารางที่ 18 พบว่า คะแนนรวมทุกพฤติกรรมการเรียนรู้ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษามีร้อยละคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาเท่ากับ 75.65 จัดอยู่ในระดับดี

หากพิจารณารายด้านของพฤติกรรมการเรียนรู้ พบว่า นักเรียนมีร้อยละคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาด้านความจำ ความเข้าใจ และกระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ คือ 73.75 72.06 และ 76.13 คะแนน ซึ่งจัดอยู่ในระดับดี

หากพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาในองค์ประกอบด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ พบว่า เป็นเพียงองค์ประกอบเดียวที่นักเรียนมีระดับผลสัมฤทธิ์ในระดับดีเยี่ยม ซึ่งสอดคล้องกับคะแนนในส่วนของขั้นตอนการสร้างวิธีการแก้ปัญหาและการประเมินผลที่นักเรียนมีความสามารถอยู่ในระดับดีมากเช่นกัน

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้นเพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) เพื่อวิเคราะห์ความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนหลังการได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 2) เพื่อเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนและหลังการได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา 3) เพื่อวิเคราะห์ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาของนักเรียนหลังการได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง เขตวังทองหลาง กรุงเทพมหานคร ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 42 คน เวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้คือ 25 คาบ มีการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนและหลังเรียน และแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียน จากนั้นนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ด้วยสถิติคะแนนเฉลี่ย (\bar{X}) คะแนนเฉลี่ยร้อยละ (\bar{X} ร้อยละ) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (S.D.) ทดสอบสมมติฐานด้วยการทดสอบที (t -test) และดัชนีความก้าวหน้า

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

- 1) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้ปัญหาลงเรียนเท่ากับ 76.35 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 75 จัดอยู่ในระดับดีมาก
- 2) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้ปัญหาลงเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
- 3) นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนเฉลี่ยร้อยละผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนเท่ากับ 75.65 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ คือ ร้อยละ 70 จัดอยู่ในระดับดี

อภิปรายผล

ผลการวิจัยครั้งนี้ พบว่า การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาและพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาเพิ่มขึ้น อภิปรายตามลำดับดังนี้ 1) ความสามารถในการแก้ปัญหา และ 2) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

ความสามารถในการแก้ปัญหา

ในการวิจัยครั้งนี้ มุ่งเน้นการศึกษาความสามารถในการแก้ปัญหาที่นักเรียนต้องสร้างผลงานเพื่อแก้ปัญหายังเป็นระบบ รวมทั้งการประยุกต์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ไปใช้สร้างผลงานซึ่งจัดเป็นเทคโนโลยีที่เกิดจากกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม รวมทั้งการศึกษาด้านนี้ ความก้าวหน้าของคะแนนในแต่ละขั้นตอนของความสามารถในการแก้ปัญหาเพื่อพิจารณาขั้นตอนที่การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถพัฒนาให้เกิดขึ้นกับนักเรียนได้มากที่สุด การวิจัยดังกล่าวเป็นการศึกษาต่อยอดมาจากงานวิจัยของ นัสนรินทร์ ปือซา (2558) ที่ได้จัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา เรื่อง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต เพื่อพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาแบบทั่วไป

ในการวิจัยครั้งนี้ พบว่า นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนเท่ากับ 76.35 จัดอยู่ในระดับดีมาก เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 และมีความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 ทั้งนี้เนื่องมาจากเหตุผล 2 ประการ ดังนี้

เหตุผลประการที่ 1 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษานำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่อิงบริบทในชีวิตจริงซึ่งจะทำให้ให้นักเรียนประมวลความรู้และทักษะทั้งหมดเพื่อนำไปสู่การคิดออกแบบวิธีการแก้ปัญหาและลงมือสร้างผลงานเพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ด้วยตนเอง สอดคล้องกับทฤษฎีคอนสตรัคชันนิซึมที่ว่าด้วยเรื่องของบุคคลจะเกิดการเรียนรู้ได้ดีหากมีการนำความรู้ไปใช้สร้างสรรค์ผลงานด้วยตนเอง ทั้งนี้การนำเสนอสถานการณ์ปัญหาที่อิงบริบทในชีวิตจริงมาใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อเอื้อให้นักเรียนคิดออกแบบวิธีการแก้ปัญหานั้น สามารถส่งเสริมให้นักเรียนมีทักษะการคิดแก้ปัญหาได้ ดังงานวิจัยของ Lee and Kamisah (2015) ได้ระบุว่า การที่นักเรียนมีโอกาสได้คิดออกแบบผลงานเพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่อิงบริบทในชีวิตจริงด้วยตัวเอง จะกระตุ้นให้นักเรียนมุ่งสืบค้นองค์ความรู้ทางชีววิทยา โดยใช้เทคโนโลยีและคณิตศาสตร์เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้าเพื่อนำความรู้ไปใช้ในการสร้างวิธีการแก้ปัญหาผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม กระบวนการดังกล่าวจะเอื้อให้นักเรียนได้รับการส่งเสริมความสามารถในการแก้ปัญหา

เหตุผลประการที่ 2 การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีจุดเด่นในเรื่องของการนำกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมมาใช้ในการจัดการเรียนรู้ซึ่งมุ่งเน้นกระบวนการพัฒนาและปรับปรุงผลงานเพื่อนำมาซึ่งวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ที่ใช้ในการแก้ปัญหาอย่างง่ายที่สุด คุ่มทุนที่สุด และปลอดภัยที่สุด สะท้อนให้เห็นได้จากชั้นสร้างผลงาน ชั้นทดสอบและปรับปรุง โดยในขั้นตอนดังกล่าวนักเรียนมีโอกาสได้สร้างผลงานจริงเพื่อนำไปใช้ทดสอบการแก้ปัญหา สังเกตและจดบันทึกข้อดี ข้อบกพร่อง รวมทั้งให้ข้อเสนอแนะเพื่อนำข้อมูลไปพัฒนาผลงานให้บรรลุเป้าหมายส่งผลให้นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียนในขั้นตอนการสร้างวิธีการแก้ปัญหา การปฏิบัติตามวิธีการแก้ปัญหา และการประเมินผล สูงกว่าก่อนเรียน ดังที่ Cox et al. (2016) ระบุว่า การที่นักเรียนมีโอกาสได้นำผลงานที่ตนสร้างขึ้นใช้ทดสอบและประเมินผลงาน รวมทั้งการนำข้อมูลที่สังเกตและจดบันทึกไว้มาปรับปรุงแก้ไขผลงานจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาที่ดีขึ้น

หากพิจารณาความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียน พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนอยู่ในระดับดี ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่า นักเรียนกลุ่มที่ศึกษามีความสามารถดังกล่าวที่ดีอยู่แล้ว เนื่องจากนักเรียนมีประสบการณ์ทำโครงงานวิทยาศาสตร์ในเชิงของการสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งนักเรียนต้องระบุปัญหาเพื่อนำไปสู่การออกแบบการทดลอง และเลือกวิธีการทดลองที่ให้ผลแม่นยำที่สุดในการทำโครงงาน ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงเป็นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาให้พัฒนาไปสู่ระดับดีมาก

หากพิจารณาความสามารถในการแก้ปัญหาในขั้นตอนการนิยามปัญหาและการเลือกวิธีการแก้ปัญหา พบว่า นักเรียนมีความสามารถในขั้นตอนดังกล่าวไม่แตกต่างกันระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่า นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการนิยามปัญหาและการเลือกวิธีการแก้ปัญหาที่ดีมาอยู่ก่อนแล้วจากการทำโครงงานวิทยาศาสตร์เชิงสร้างสรรค์สิ่งประดิษฐ์ในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 ดังนั้นคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียนในขั้นตอนการนิยามปัญหาและการเลือกวิธีการแก้ปัญหาก็เพิ่มขึ้นจนใกล้เคียงระดับดีมากแต่ยังคงไม่แตกต่างกับคะแนนก่อนเรียน สอดคล้องกับจำนวนนักเรียน ร้อยละ 67 และ 64 มีคะแนนในส่วนการนิยามปัญหาและการเลือกวิธีการแก้ปัญหาอยู่ในระดับความก้าวหน้าต่ำ ตามลำดับ อันเนื่องมาจากนักเรียนมีความสามารถในขั้นตอนดังกล่าวที่ดีมาอยู่ก่อนแล้ว

การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีจุดเด่นในขั้นการคิดออกแบบ และสร้างผลงาน ซึ่งนักเรียนต้องใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม รวมทั้งการนำองค์ความรู้ต่าง ๆ มาบูรณาการร่วมกันในสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ กิจกรรมในขั้นตอนดังกล่าวจะช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้รับการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาให้สูงขึ้น สอดคล้องกับจำนวนนักเรียนในกลุ่มที่ศึกษา 15 คน คิดเป็นร้อยละ 36 มีคะแนนในขั้นการสร้างวิธีการแก้ปัญหาในระดับความก้าวหน้าสูง รวมทั้งนักเรียนมีคะแนนความสามารถในการแก้ปัญหา หลังเรียนที่อยู่ในระดับดีมากโดยเฉพาะในขั้นตอนการสร้างวิธีการแก้ปัญหาและการประเมินผล สอดคล้องกับ Pena (2015) ได้กล่าวว่า การที่นักเรียนได้มีโอกาสคิดหาวิธีการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่ การสร้างผลงานด้วยตัวเองโดยใช้ทักษะทางด้านสะเต็มศึกษา อันประกอบด้วยทักษะทางวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี วิศวกรรมศาสตร์ และคณิตศาสตร์ จะช่วยให้นักเรียนสามารถประยุกต์และเชื่อมโยง ความรู้ไปสู่การสร้างวิธีการแก้ปัญหาได้ดีขึ้น

นอกจากนี้การที่นักเรียนได้มีโอกาสนำผลงานไปทดสอบและปรับปรุง รวมทั้งการนำเสนอผลการทดสอบผลงานในชั้นสื่อสารและสะท้อนผล จะช่วยให้นักเรียนได้รับการพัฒนาความสามารถในการประเมินผลการแก้ปัญหาอันเกิดจากการวิเคราะห์ข้อดีและข้อบกพร่องของผลงาน ทำให้นักเรียนได้ เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติจริง ส่งผลให้เกิดการพัฒนาและต่อยอดผลงานให้ดีขึ้น ดังที่ Rosicka (2016) ได้กล่าวว่า การที่นักเรียนได้มีโอกาสทดสอบผลงานของตนเองในกิจกรรมการเรียนรู้ตาม แนวคิดสะเต็มศึกษาจะช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้จากความผิดพลาดของตนเอง ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญใน กระบวนการเรียนรู้ที่นักเรียนต้องนำไปใช้ในการปรับปรุงแก้ไขผลงานให้เป็นไปตามที่มุ่งหวัง

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

ผลการวิจัยสรุปว่า หลังการทดลองนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาที่ได้รับจัดการเรียนรู้ ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียนเฉลี่ยร้อยละ 75.65 สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้คือร้อยละ 70 จัดอยู่ในระดับดี เป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3 ทั้งนี้ เนื่องมาจากเหตุผล 2 ประการ ดังนี้

เหตุผลประการที่ 1 การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีขั้นตอนศึกษา ค้นคว้า ซึ่งนักเรียนมีโอกาสได้สืบค้นข้อมูลจากแหล่งเรียนรู้ที่หลากหลาย รวมทั้งนักเรียนได้มีโอกาส ปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้ชีววิทยาต่าง ๆ ในชั้นเรียนเพื่อนำมาซึ่งการได้องค์ความรู้สำหรับการ

ออกแบบการแก้ปัญหา การที่นักเรียนได้มีโอกาสสืบค้นข้อมูลจึงส่งเสริมให้นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับดี สอดคล้องกับ Ceylan and Ozdilek (2015) ที่ได้จัดให้นักเรียนได้สืบค้นข้อมูลเพื่อนำไปใช้ในการสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อใช้ในการแก้ปัญหาในรายวิชาวิทยาศาสตร์ผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรมซึ่งทำให้นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ดีขึ้น

เหตุผลประการที่ 2 การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีขั้นตอนสื่อสารและสะท้อนผล ซึ่งนักเรียนต้องนำเสนอผลงาน อภิปราย และสะท้อนผลการปฏิบัติงานของตนเอง โดยมีการประเมินตนเอง เพื่อนประเมินเพื่อน และครูประเมินนักเรียน กระบวนการประเมินดังกล่าวทำให้ครูสามารถปรับแก้ของค์ความรู้ของนักเรียนเพื่อสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องตามหลักเหตุและผลขององค์ความรู้ที่ได้ศึกษา ดังที่ Rockland et al. (2010) ได้ระบุว่า นักเรียนสามารถเรียนรู้แนวคิดของเนื้อหาในบทเรียนได้ดี หากนักเรียนได้มีโอกาสศึกษาค้นคว้าองค์ความรู้ต่าง ๆ และมีการสะท้อนการเรียนรู้ของตนเองผ่านกระบวนการประเมิน

เมื่อพิจารณาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาตามพฤติกรรมการเรียนรู้ พบว่าในองค์ประกอบด้านการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยจัดอยู่ในระดับดีเยี่ยม ทั้งนี้อาจเป็นไปได้ว่า ในขั้นตอนออกแบบและการสร้างผลงาน นักเรียนได้มีโอกาสประมวลและเชื่อมโยงความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมดที่ได้เรียนรู้ในบทเรียนนั้นไปประยุกต์ใช้ในการสร้างผลงาน ทำให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ได้ดี ดังที่ Bybee (2013) ได้ระบุว่า กิจกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นกิจกรรมที่เอื้อให้นักเรียนต้องประยุกต์ความรู้ไปใช้ในการคิดออกแบบวิธีการแก้ปัญหา รวมทั้งต้องมีการกำหนดองค์ความรู้ต่าง ๆ ที่จำเป็นต้องใช้ในการสร้างวิธีการแก้ปัญหาเพื่อนำไปสู่การลงมือปฏิบัติการสร้างผลงานผ่านกระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม

ข้อเสนอแนะ

ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถส่งเสริมนักเรียนให้มีความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนได้ดีขึ้น จึงมีข้อเสนอแนะดังนี้

ข้อเสนอแนะสำหรับการนำผลการวิจัยไปใช้

การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นแนวทางหนึ่งที่ครูสามารถนำไปใช้ได้ ทั้งนี้ครูต้องคำนึงถึงเงื่อนไขดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาสามารถนำไปใช้ได้กับเนื้อหาชีววิทยา เนื่องจากบทเรียนชีววิทยามีความเกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตโดยตรง เอื้อให้สามารถสร้างสถานการณ์ปัญหาที่สอดคล้องกับบริบทในสังคมได้ อย่างไรก็ตามหากมีการนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไปใช้ในบางบทเรียนที่เป็นการสร้างสิ่งประดิษฐ์หรืออุปกรณ์เพื่อแก้ปัญหาหรือรักษาในระบรูปร่างกายมนุษย์ ซึ่งไม่สามารถทดสอบกับมนุษย์ได้โดยตรง ดังนั้นอาจมีการใช้แบบจำลองเพื่อใช้ทดสอบอุปกรณ์ที่นักเรียนสร้างขึ้น

2. ในการนำการจัดการเรียนชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไปใช้ ต้องคำนึงถึงระดับความรู้พื้นฐาน ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เนื่องจากความรู้และทักษะดังกล่าวมีความจำเป็นต่อการทำกิจกรรมสะเต็มศึกษาที่เน้นการลงมือปฏิบัติจริง หากนักเรียนยังมีความรู้หรือทักษะดังกล่าวไม่เพียงพอ ครูควรสอนทบทวนหรือฝึกฝนนักเรียนก่อนเริ่มกิจกรรมสะเต็มศึกษา ซึ่งจะช่วยให้ นักเรียนสามารถปฏิบัติกิจกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาได้ถูกต้องและรวดเร็วมากยิ่งขึ้น

3. การจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเน้นการลงมือปฏิบัติจริงในการสร้างผลงานเป็นกลุ่มย่อย จำนวนนักเรียน 3-4 คนต่อกลุ่ม ซึ่งต้องอาศัยการชี้แนะและการกำกับดูแลจากครูผู้สอน ดังนั้นจำนวนครู 1 คนสามารถจัดกิจกรรมสะเต็มศึกษาได้หากสอนนักเรียนจำนวน 30-40 คน อย่างไรก็ตามหากนำการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาไปใช้กับห้องเรียนที่มีจำนวนนักเรียนมาก ประมาณ 50 คน ครูอาจแบ่งนักเรียนเป็น 10 กลุ่ม กลุ่มละ 5 คน โดยจัดให้มีผู้ช่วยครูเพิ่มเติม 1-2 คน ในการทำหน้าที่กำกับดูแลนักเรียนอย่างทั่วถึง เพื่อให้ นักเรียนทุกคนได้เรียนรู้ผ่านกิจกรรมสะเต็มศึกษาอย่างมีประสิทธิภาพ

4. ในการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเป็นการจัดการเรียนรู้แบบบูรณาการ ซึ่งภายในสาระของวิทยาศาสตร์ประกอบด้วยวิชาแขนงต่าง ๆ คือ ฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา ซึ่งอาจจำเป็นต้องมีการบูรณาการร่วมกัน ดังนั้นหากมีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้สะเต็มศึกษาอาจมีการประชุมวางแผนร่วมกันระหว่างครูวิทยาศาสตร์สาขาต่าง ๆ เพื่อให้กิจกรรมมีความสมบูรณ์และลึกซึ้งมากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะในการวิจัยครั้งต่อไป

ในระหว่างการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา พบข้อสังเกตที่นำไปสู่ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยในครั้งต่อไป ดังนี้

1. จากการสังเกตพฤติกรรมและการพิจารณาคุณภาพผลงานของนักเรียน พบว่า นักเรียนหญิงมีแนวโน้มที่จะวาดรูปและเขียนแบบร่างที่สื่อความหมายและมีรายละเอียดที่ชัดเจนกว่านักเรียนชายในชั้นคิดออกแบบ ในขณะที่นักเรียนชายมีแนวโน้มสร้างผลงานได้ถูกต้องและรวดเร็วกว่านักเรียนหญิงในชั้นสร้างผลงาน ดังนั้นหัวข้อวิจัยที่น่าสนใจครั้งต่อไปอาจต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมในด้านพฤติกรรมและผลงานที่เกิดจากกิจกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษาระหว่างนักเรียนชายกับนักเรียนหญิง

2. จากผลคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีคะแนนในองค์ประกอบการนำความรู้และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้อยู่ในระดับดีเยี่ยม เพราะกิจกรรมตามแนวคิดสะเต็มศึกษามีลักษณะของการเชื่อมโยงความรู้ไปสู่การลงมือปฏิบัติการแก้ปัญหาจริง ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปอาจศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษาที่มีต่อความสามารถในการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้

รายการอ้างอิง

ภาษาไทย

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กิตติ โพธิ์ปัทมะ. (2550). *หลักชีววิทยา*. กรุงเทพมหานคร: ภาควิชาเทคโนโลยีอุตสาหกรรมเกษตร คณะวิทยาศาสตร์ประยุกต์ สถาบันเทคโนโลยีพระจอมเกล้าพระนครเหนือ.
- ขจรเดช บุตรพรม. (2557). เปิดเล่ม สสวท. สะเต็มศึกษา. *สสวท.*, 42, 1.
- เขมวดี พงษานนท์ และกวิณ เชื้อมกลาง. (2557). สะเต็มศึกษา: นวัตกรรมการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21. ค้นเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2558, จาก http://www.phatthalung2.go.th/myoffice/2557/data/tkk7/25571101_115805_9011.pdf
- คณะกรรมการการสื่อสารมวลชน การวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสารสนเทศ. (2558). *รายงานข้อเสนอเชิงนโยบายสะเต็มศึกษา (STEM Education) นโยบายเชิงรุกเพื่อพัฒนาเยาวชนและกำลังคนด้านวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีวิศวกรรมศาสตร์และคณิตศาสตร์*. ค้นเมื่อ 10 พฤศจิกายน 2559, จาก <http://www.senate.go.th/w3c/senate/pictures/comm/1547/ข้อเสนอเชิงนโยบายSTEM.pdf>
- นัสนรินทร์ ปือชา. (2558). *ผลการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดสะเต็มศึกษา (STEM Education) ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยาความสามารถในการแก้ปัญหาและความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5*. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโทมหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.
- พัชรา พยัคฆา และ อลิศรา ชูชาติ. (2558). ผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวคิดของพิซซินีร่วมกับแนวคิดการเรียนรู้อย่างร่วมมือที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและปฏิสัมพันธ์ทางสังคมของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*, 10, 272-282.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และเพียว ยินดีสุข. (2548). *วิธีวิทยาการสอนทั่วไป*. กรุงเทพมหานคร: พัฒนาคุณภาพวิชาการ.
- มริจิ คงรัตน์ และวัชรภรณ์ แก้วดี. (2554). ผลของการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้เทคนิคแนวเทียบร่วมกับวงจรการเรียนรู้ 5E ที่มีต่อความสามารถในการแก้ปัญหาและเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น. *วารสารอิเล็กทรอนิกส์ทางการศึกษา*, 6, 2490-2504.
- มูลนิธิสถาบันวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ระยอง และมูลนิธิโรงเรียนวิทยาศาสตร์ ระยอง. (2557). *ความสามารถในการแข่งขันของไทยในเวทีโลก*. ค้นเมื่อ 9 มีนาคม 2559, จาก <http://raist-rasa-foundation.org/whatwedo>

- ยงยุทธ แฉล้มวงษ์. (2558). *การพัฒนากำลังแรงงานสู่อาเซียน*. ค้นเมื่อ 10 กันยายน 2559, จาก <http://www.mol.go.th/en/node/41485>
- ราชบัณฑิตยสถาน. (2554). *พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2554*. ค้นเมื่อ 13 กันยายน 2559, จาก <http://www.royin.go.th/dictionary/>
- วชิร ศรีคุ้ม. (2558). *การนำสะเต็มศึกษาสู่ชีวิต*. ค้นเมื่อ 10 กันยายน 2559, จาก <http://www.slideshare.net/wawachira/stem-education-and-21stcentury-learning>
- ศิริลักษณ์ ชาวลุ่มบัว. (2558). *การพัฒนาหลักสูตรตามแนวคิดสะเต็มศึกษาเรื่องอ้อยสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3*. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาคุุณบัณฑิต สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2559). *ผลการทดสอบ 9 วิชาสามัญ ปีการศึกษา 2558 และ 2559*. ค้นเมื่อ 9 เมษายน 2559, จาก <http://www.niets.or.th/th>
- สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2552). *ข้อสอบความถนัดทางวิทยาศาสตร์*. ค้นเมื่อ 9 ธันวาคม 2559, จาก <http://www.onetresult.niets.or.th/ExamGATPAT/>
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *การวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพมหานคร: ซีเอ็ดยูเคชั่น.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2557). *สะเต็มศึกษา*. ค้นเมื่อ 9 กุมภาพันธ์ 2558, จาก http://www.stemedthailand.org/?page_id=23
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). *โครงการขับเคลื่อนสะเต็มศึกษาในสถานศึกษา 2,250 โรงเรียน*. ค้นเมื่อ 12 กันยายน 2559, จาก <http://www.stemedthailand.org/wp-content/uploads/2016/07/STEM-Policy.pdf>
- สมหวัง อังสนุ. (2554). *การพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบใช้ปัญหาเป็นฐาน*. วิทยานิพนธ์ระดับปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยขอนแก่น.
- สำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมแห่งชาติ. (2558). *ประวัติสำนักงานคณะกรรมการนโยบายวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และนวัตกรรมแห่งชาติ*. ค้นเมื่อ 29 กุมภาพันธ์ 2559, จาก <http://www.most.go.th/main/index.php/org/1513-sti.html>
- สำนักงานทดสอบทางการศึกษา. (2555). *คู่มือประเมินสมรรถนะสำคัญของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6*. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ.
- สุธีระ ประเสริฐสรรพ. (2558). *สะเต็มศึกษา : ความท้าทายใหม่ของการศึกษาไทย*. สงขลา: นำศิลป์ โฆษณา.
- สุพรรณิ ชาญประเสริฐ. (2557). *สะเต็มศึกษากับการจัดการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21*. สสวท., 42, 3.

- สุรัตน์ แทนประเสริฐกุล. (2556). ดรรณสิกขาลัย : จากงานวิจัยต้นแบบโรงเรียนนวัตกรรมการเรียนรู้ในประเทศไทย. นำเสนอในรายงานประชุมวิชาการ หัวข้อ การพัฒนาการเรียนรู้อเพื่อสร้างสรรค์ด้วยปัญญาแห่งประเทศไทย ครั้งที่ 1, กรุงเทพมหานคร.
- อรรชกา สีบุญเรือง. (2559). *โมเดลประเทศไทย 4.0 สู่เวทีการค้าโลก*. ค้นเมื่อ 20 สิงหาคม 2559, จาก http://www.oie.go.th/sites/default/files/attachments/news_oiepr/news-oiepr-15-2559.pdf

ภาษาอังกฤษ

- Abboud, N. M. (1999). *Steps used in Engineering Problem Solving* Retrieved February 10, 2016 www.engr.uconn.edu/~abboud/lect-1.ppt
- Bonem, J. M. (2008). *process Engineering Problem Solving: Avoiding "The Problem Went Away, but it Came Back" Syndrome* New Jersey, USA: Wiley-Interscience.
- Bybee, R. W. (2013). *The case for STEM education: Challenges and opportunities*. Arlington: NSTA press.
- Capraro et al. (2013). *STEM Project-based learning*. Texas: Sense publisher.
- Ceylan, S., & Ozdilek, Z. (2015). Improving a Sample Lesson Plan for Secondary Science Courses within the STEM Education. *Social and behavioral sciences*, 177, 223-228.
- Cox, C., Birdy, R., Christian, S., & Anita, S. (2016). Using Mathematics and Engineering to Solve Problems in Secondary Level Biology. *Journal of STEM Education : Innovations and Research* 17, 22.
- Eck, R. W., & Wilhelm, W. J. (2007). Guided design: an approach to education for the practice of engineering education. *Engineering Education*, 1979, 191-197.
- Fogler, H. S., & LeBlanc, S. E. (2007). *Strategies for Creative Problem Solving*. Newyork: Prentice Hall.
- Hake, R. R. (1999). *Analyzing change/gain scores*. Retrieved December 2, 2016, from <http://www.physics.indiana.edu/~sdi/AnalyzingChange-Gain.pdf>
- Honey, M., Pearson, G., & Schweingruber, H. (2014). *STEM integration in K-12 education: Status, prospects and an agenda for research*. Washington, DC: The National Academies Press.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2013). *Smooth Operator*. Retrieved November 12, 2016, from <http://tryengineering.org/>


- International Institute for management Development. (2015). *IMD releases its 2015 World Competitiveness Ranking*. Retrieved February 29, 2016, from <http://www.simd.org/news/IMD-releases-its-2015-World-Competitiveness-Ranking.cfm>
- Klopfer, L. E. (1971). *Handbook on Formative and Summative Evaluation of Student Learning*. USA: McGraw-Hill Inc: California, Wadsworth.
- Lantz, H. B. (2009). *Science, Technology, Engineering, and Mathematics (STEM) Education What Form? What Function?*. Retrieved February 26, 2016, from <http://www.curretechintegrations.com/pdf/STEMEducationArticle.pdf>
- Lee, O. (1998). *Current Conceptions of Science Achievement and Implications for Assessment and Equity in Large Education Systems*. Retrieved February 24, 2016, from http://archive.wceruw.org/nise/Publications/Research_Monographs/LEE/LeeALL.pdf
- Lee, C.H., & Kamisah, O. (2015). An interdisciplinary approach for biology, technology, engineering and mathematics (BTEM) to enhance 21st century skills in Malaysia. *K-12 STEM education*,1(3), 137-147.
- Museum of Science. (2007). *Engineer is elementary: Engineering for children*. Retrieved November 5, 2016, from www.mos.org/eie/index.php
- National Academy of Sciences. (2016). *A New Biology for the 21st Century*. Retrieved February 29, 2016, from <http://www.nap.edu/catalog/12764/a-new-biology-for-the-21st-century>
- National Research Council. (2012). *A framework for K–12 science education: Practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National Academies Press.
- Papert, S. (1989). *Constructionism: A New Opportunity for Elementary Science Education*. Retrieved February 5, 2016, from http://nsf.gov/awardsearch/showAward?AWD_ID=8751190
- Pena, A. (2015). *Building STEM Skills*. Retrieved December 2, 2016, from <https://www.eisca.org/blog/building-stem-skills/>
- Rachel, B. J. (2008). *Science, technology, engineering, and math*. Retrieved March 5, 2013, from <http://www.learning.com/press/pdf/Science-Technology-Engineering-Mathematics-STEM-Report.pdf>
- Reeve, E. M. (2015). *STEM Education*. Retrieved December 4, 2015, from <http://specialproject.ipst.ac.th/images/IPSTGlobal/document/Implementing%20STEM%20in%20ASEAN%20-%20IPST%20May%207%202013%20-%20Final.pdf>

- Rockland, R., Bloom, D. S., Carpinelli, J., Burr-Alexander, L., Hirsch, L. S., & Kimmel, H. (2010). Advancing the “E” in K-12 STEM education. *The journal of technology studies*, 36(1), 53-64.
- Roderic, W. L. (2001). *The design process*. Retrieved November 5, 2016, from www.micron.com/students/engineer/design.html
- Rosicka, C. (2016). From concept to classroom Translating STEM education research into practice. Retrieved 2 december 2016, from http://research.acer.edu.au/cgi/viewcontent.cgi?article=1010&context=professional_dev
- Sharp, J. J. (1991). Methodologies for Problem Solving: An Engineering Approach. *The Vocational Aspect of Education*, 114 (April 1991), 147-157.
- Sharp, P., Janetos, A., & Yamamoto, K. (2016). *A new Biology for 21st century*. Retrieved Febuary 27, 2016, from <http://www.nap.edu/catalog/12764/a-new-biology-for-the-21st-century>
- Shaw, M. C. (2001). *Engineering Problem Solving*. Arizona State University, USA: William Andrew.
- Thayer School of Engineering at Dartmouth. (2014). *What is engineering problem solving*. Retrieved October 22, 2015, from <http://thayer.dartmouth.edu/teps/what.html>
- Thornburg, D. D. (2008). *Why STEM Topics are Interrelated: The Importance of Interdisciplinary Studies in K-12* Retrieved April 5, 2016, from <http://tcse-k12.org/pages/stem.pdf>
- Tias et al. (2015). The contribution of intelligence quotient (IQ) on biology academic achievement of senior high school students in Medan, Indonesia. *International Journal of Educational Policy Research and Review*, 2 (December 2015), 141-147.
- Vasquez, J. A., Comer, M., & Sneider, C. (2013). *STEM Lesson Essentials, Grades 3-8 Integrating Science, Technology, Engineering, and Mathematics*. Portsmouth: Heinemann.



ภาคผนวก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาคผนวก ก
รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิพร ภัทรดิลกรรัตน์	ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์ ดร.พิรุณ ศิริศักดิ์	ผู้ช่วยผู้อำนวยการฝ่ายวิชาการ (วิจัยและพัฒนา) โรงเรียนราชินีบน
อาจารย์เพชรรัตน์ ศรีวิสัย	ครูเชี่ยวชาญ (คศ.4) สาขาชีววิทยา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี)

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา

ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สิทธิพร ภัทรดิลกรรัตน์	ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน	ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
อาจารย์ ดร.กฤษณี เพ็ชรทวีพรเดช	ครูเชี่ยวชาญ (คศ.4) สาขาชีววิทยา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี)

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิตรวจสอบแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

อาจารย์ ดร. เกรียง กาญจนวัตติ	ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
อาจารย์ นายแพทย์ นคร มธรรตาวงศ์	สาขาสรีรวิทยา คณะแพทยศาสตร์ มหาวิทยาลัยธรรมศาสตร์
อาจารย์เพชรรัตน์ ศรีวิสัย	ครูเชี่ยวชาญ (คศ.4) สาขาชีววิทยา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ โรงเรียนบดินทรเดชา (สิงห์ สิงหเสนี)

ภาคผนวก ข
เครื่องมือที่ใช้ทดลอง

แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาตามแนวคิดสะเต็มศึกษา
แผนที่ 1 เรื่อง การแลกเปลี่ยนแก๊สและการไหลเวียนสารของสิ่งมีชีวิต

วิชา ว 32242 ชีววิทยาเพิ่มเติม 2
 ระยะเวลาที่ใช้สอน 12 คาบ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
 ครูผู้สอน นายอาทิตย์ นิมกุล

จุดประสงค์การเรียนรู้

ผู้เรียนสามารถ

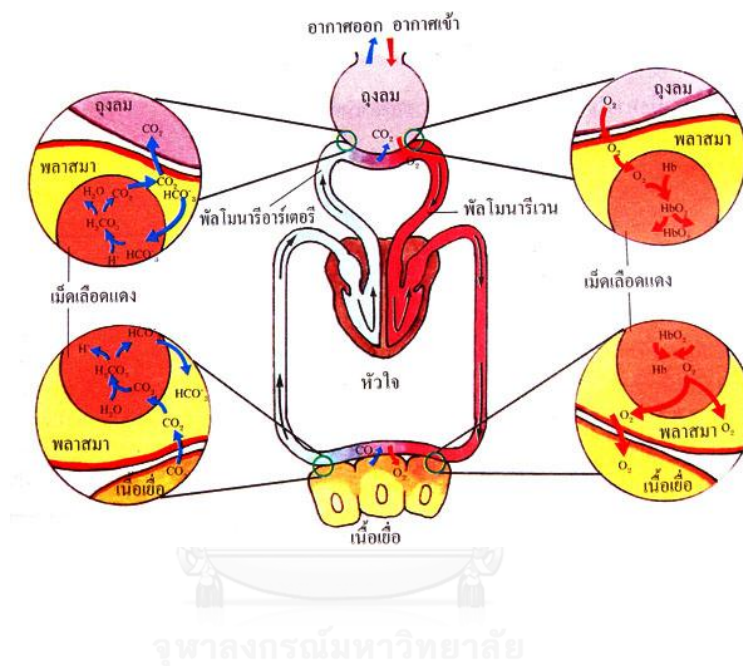
1. ระบุโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ
2. อธิบายกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ
3. อธิบายกลไกการสูดลมหายใจและการควบคุมการหายใจของคน
4. บอกความหมายและคำนวณอัตราการหายใจของสิ่งมีชีวิต
5. บอกความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับปอดและโรคของระบบทางเดินหายใจของคน
6. ระบุโครงสร้างที่ใช้ในการไหลเวียนสารของสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ
7. อธิบายกลไกการไหลเวียนสารของสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ
8. อธิบายความหมายและบอกวิธีการวัดอัตราการเต้นของหัวใจ
9. บอกความหมายและจำแนกประเภทของความดันเลือด
10. บอกความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับหัวใจและการไหลเวียนสารของคน
11. ปฏิบัติการทดลองทางวิทยาศาสตร์ รวบรวมข้อมูล จัดกระทำและนำเสนอข้อมูลเชิงตัวเลขในการศึกษาเกี่ยวกับการแลกเปลี่ยนแก๊สและไหลเวียนสารของสิ่งมีชีวิตได้
12. ระบุปัญหาจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนแก๊สและการไหลเวียนสารของสิ่งมีชีวิตและออกแบบวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหาโดยใช้กระบวนการออกแบบทางวิศวกรรม
13. จัดการและใช้เทคโนโลยีต่าง ๆ ในการสร้างสิ่งประดิษฐ์เพื่อแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนแก๊สและการไหลเวียนสารของสิ่งมีชีวิต
14. ใช้ความรู้และทักษะทางคณิตศาสตร์ในการออกแบบและสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนแก๊สและการไหลเวียนสารของสิ่งมีชีวิต

สาระการเรียนรู้

1. โครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ
 - 1.1 สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว แลกเปลี่ยนแก๊สผ่านเยื่อหุ้มเซลล์
 - 1.2 ไส้เดือนดิน แลกเปลี่ยนแก๊สผ่านผิวหนังของลำตัวที่เปียกชื้น
 - 1.3 แมลง มีช่องหายใจรับอากาศ เข้าสู่ท่อลมและท่อลมฝอยที่แทรกตามส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย เกิดขึ้นที่เซลล์โดยตรง
 - 1.4 แมงมุม แลกเปลี่ยนแก๊สโดยใช้ท่อลมที่ซ้อนทับกันเป็นชั้น เรียกว่า ปอดแผง
 - 1.5 ปลา แลกเปลี่ยนแก๊สบริเวณซี่เหงือกที่เรียงตัวเป็นแผงและประกอบด้วยเซลล์ที่เรียงตัวเป็นชั้นบาง ๆ ห่อหุ้มด้วยหลอดเลือดฝอยเป็นบริเวณที่เกิดการแลกเปลี่ยนแก๊ส
 - 1.6 นก แลกเปลี่ยนแก๊สที่ถุงลมภายในปอดเพื่อสำรองอากาศไว้ใช้ขณะบิน
 - 1.7 สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม แลกเปลี่ยนแก๊สที่ถุงลมภายในปอดที่มีลักษณะหยუნ

2. กระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ
 - 2.1 สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ใช้กระบวนการแพร่ของแก๊สผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยตรง
 - 2.2 ไส้เดือนดิน ใช้กระบวนการแพร่ของแก๊สผ่านผิวหนังที่เปียกชื้น แล้วลำเลียงเข้าสู่เลือดและไหลเวียนสู่เซลล์ต่าง ๆ ของร่างกาย
 - 2.3 แมลง มีช่องหายใจด้านข้างลำตัวบริเวณส่วนท้อง เป็นทางผ่านของแก๊สเข้าสู่ท่อลมโดยการแลกเปลี่ยนแก๊สจะเกิดขึ้นระหว่างท่อลมฝอยขนาดเล็กกับเซลล์โดยตรง
 - 2.4 แมงมุม มีหลอดเลือดนำแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์มาแลกเปลี่ยนแก๊สที่แผงปอดแล้วรับออกซิเจนเข้าไปโดยกระบวนการแพร่
 - 2.5 ปลา ใช้กระบวนการแพร่ของแก๊สเข้าสู่เหงือกโดยตรง และมีแผ่นกระดูกปิดเหงือกที่จะเคลื่อนไหวตลอดเวลาเป็นจังหวะพอดีกับการอ้าปากและหุบปากของปลา การทำงานที่สัมพันธ์กันเช่นนี้ ทำให้ออกซิเจนที่ละลายในน้ำเข้าทางปากแล้วผ่านออกทางช่อง เหงือกแก๊สออกซิเจนแพร่ผ่านเข้าสู่หลอดเลือดฝอยที่เหงือกแล้วไหลเวียนไปตามระบบหมุนเวียน เลือด
 - 2.6 นก ปอดเชื่อมกับถุงลม 9 ถุง เมื่อนกหายใจเข้า ถุงลมขยายตัว อากาศจะเข้าทางท่อลมไปถึงถุงลมส่วนหลัง และอากาศจากปอดจะเข้าไปในถุงลมส่วนหน้า เมื่อหายใจออก ถุงลมหดตัวอากาศจากถุงลมส่วนหลังเข้าสู่ปอด และอากาศจากถุงลมส่วนหน้าจะออกสู่ภายนอก ดังนั้นในแต่ละรอบของการหายใจเพื่อให้อากาศครบวงจร นกจะต้องหายใจเข้าและออก 2 ครั้ง

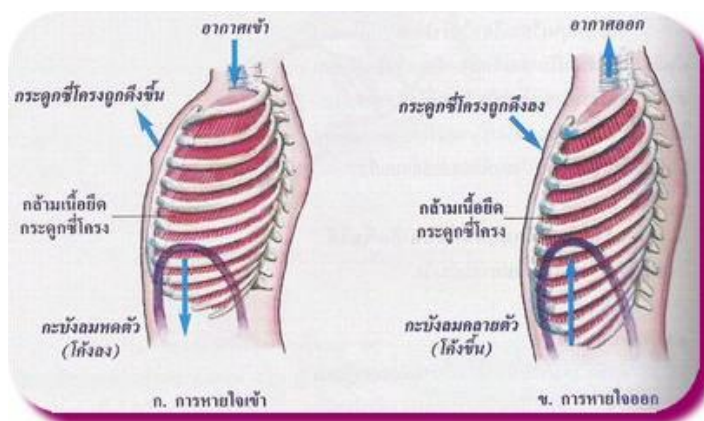
2.7 สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม ใช้ปอดในการแลกเปลี่ยนแก๊ส โดยแก๊สจะเดินทางผ่านช่องจมูก เข้าสู่คอหอย กล่องเสียง หลอดลม ท่อลม ถุงลม โดยเกิดการแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างถุงลมกับ หลอดเลือดฝอย ซึ่งแก๊สออกซิเจนจากถุงลมจะแพร่เข้าสู่หลอดเลือดฝอยรอบ ๆ ถุงลม และจับกับ ฮีโมโกลบินในเซลล์เม็ดเลือดแดงกลายเป็นออกซีฮีโมโกลบิน ซึ่งมีสีแดงสด เลือดที่มีออกซี ฮีโมโกลบินนี้จะถูกส่งเข้าสู่หัวใจและสูบฉีดไปยังเนื้อเยื่อต่าง ๆ ทั่วร่างกาย ขณะที่เซลล์ของ เนื้อเยื่อรับแก๊สออกซิเจน แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่เกิดขึ้นในเซลล์จะแพร่เข้าสู่ หลอดเลือดฝอย เกิดปฏิกิริยาเคมีต่าง ๆ จนลำเลียงไปยังถุงลมเพื่อขับออกทางลมหายใจ ดังแผนภาพ



แผนภาพ 1.1 การแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมและคน
(ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556)

3. กลไกการสูดลมหายใจของคน

การหายใจเข้าและการหายใจออกเกิดจากการเปลี่ยนแปลงความดันของอากาศภายในปอดโดยการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อกะบังลมและกล้ามเนื้อที่ยึดกระดูกซี่โครง ดังแผนภาพ



แผนภาพ 1.2 กระบวนการสูดลมหายใจเข้าและออกของคน
(ที่มา : สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2556)

4. กลไกการควบคุมการหายใจของคน

กลไกควบคุมการหายใจเกี่ยวข้องกับระบบประสาท มีการควบคุม 2 ส่วน คือ

1) **การควบคุมแบบอัตโนมัติ** เป็นการหายใจที่ไม่สามารถบังคับได้ โดยสมองส่วนพอนส์และเมดัลลาเป็นตัวสร้างและส่งสัญญาณประสาทไปกระตุ้นกล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการหายใจ ทำให้การหายใจเข้าและออกเกิดขึ้นได้อย่างเป็นจังหวะสม่ำเสมอทั้งในยามหลับและยามตื่น

2) **การควบคุมภายใต้อำนาจจิตใจ** เป็นการหายใจที่สามารถบังคับได้ โดยสมองส่วนหน้าที่เรียกว่า ซีรีบรัลคอร์เทกซ์ ไฮโปทาลามัส และสมองส่วนหลังที่เรียกว่า ซีรีเบลลัม ซึ่งจะทำให้เราสามารถควบคุม บังคับ หรือปรับการหายใจให้เหมาะสมกับพฤติกรรมต่าง ๆ ของร่างกาย เช่น การพูด การร้องเพลง การเล่นเครื่องดนตรี ประเภทเป่า การว่ายน้ำ การดำน้ำ การกลั้นหายใจ

5. อัตราการหายใจของสิ่งมีชีวิต

5.1 อัตราการหายใจ หมายถึง การใช้ออกซิเจนในกระบวนการเมแทบอลิซึมของสิ่งมีชีวิตต่อหนึ่งหน่วยเวลา โดยขึ้นอยู่กับกิจกรรมของสิ่งมีชีวิตนั้น ๆ

6. ความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับปอดและโรคของระบบทางเดินหายใจของคน

6.1 ปอดบวม เกิดจากเชื้อแบคทีเรียหรือไวรัสเข้าไปในหลอดลมและเข้าสู่เนื้อเยื่อปอด ทำให้เกิดการอักเสบยังผลให้พื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนแก๊สลดลง

6.2 ภาวะถุงลมโป่งพอง เกิดจากการสูดอากาศที่เป็นพิษเป็นเวลานาน ๆ ทำให้ความยืดหยุ่นของผนังถุงลมและหลอดลมฝอยถูกทำลายทำให้ความสามารถในการนำเอาอากาศเข้าปอด และแลกเปลี่ยนแก๊สลดลง

6.3 มะเร็งปอด เกิดจากเซลล์ของเนื้อปอดมีการแบ่งตัวที่มากเกินไปจนปกติจนไม่สามารถควบคุมได้ และมีการเจริญเติบโตลุกลามรวมกันกันเป็นเนื้องอกและยังแพร่กระจายไปยังอวัยวะอื่นได้ อันเนื่องมาจากการได้รับสารพิษจากบุหรี่ ฝุ่นจากอุตสาหกรรมหนัก ไอสารระเหยน้ำมัน เขม่าควันต่าง ๆ รวมถึงมลภาวะทางอากาศที่ไม่บริสุทธิ์และอื่น ๆ

7. โครงสร้างที่ใช้ในการไหลเวียนสารของสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ

7.1 สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ไหลเวียนสารโดยการไหลเวียนของไซโทซอล

7.2 ปลั๊กเดือนดิน มีหัวใจเทียมสูบฉีดเลือดที่มีสารไปตามหลอดเลือด

7.3 แมลง ไหลเวียนสารผ่านทางหลอดเลือดใหญ่ทางด้านหลังของลำตัว เข้าสู่ช่องว่างกลางลำตัว

7.4 ปลา มีหัวใจห้อง คือ เอเทรียมและเวนทริเคิล 2 ในการสูบฉีดเลือดดำไปตาม หลอดเลือดเพื่อไปแลกเปลี่ยนแก๊สที่เหงือกแล้วไหลเวียนกลับเข้าสู่ร่างกาย

7.5 สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก มีหัวใจ 3 ห้อง คือ เอเทรียม 2 ห้อง เวนทริเคิล 1 ห้อง ใช้ในการสูบฉีดเลือดไปตามหลอดเลือดเพื่อไปแลกเปลี่ยนแก๊สที่ปอดแล้วไหลเวียนกลับเข้าสู่ร่างกาย

7.6 สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมและคน มีโครงสร้างที่ประกอบด้วย 3 องค์ประกอบที่สำคัญ ได้แก่ หัวใจ ลิ้นหัวใจ และหลอดเลือด ดังรายละเอียดต่อไปนี้

1) หัวใจ มีผนัง 3 ชั้น ชั้นนอกและชั้นในประกอบด้วยเยื่อผิวบาง ๆ ชั้นกลาง คือ กล้ามเนื้อหัวใจ หัวใจประกอบด้วย 4 ห้อง คือ ห้องบน (atrium) 2 ห้อง และห้องล่าง (ventricle) 2 ห้อง ผนังหัวใจห้องล่างจะหนากว่า ผนังหัวใจห้องบนมาก โดยเฉพาะห้องล่างซ้ายจะหนาที่สุด เพราะเป็นห้องที่ต้องเกิด การบีบตัวส่งเลือดไปสู่หลอดเลือดแดงใหญ่เพื่อไปหล่อเลี้ยงทั่วร่างกาย

2) หลอดเลือด ประกอบด้วยหลอดเลือดฝอย เวนและอาร์เตอร์ ดังนี้

- 1) หลอดเลือด superior vena cava กับ Inferior vena cava พบที่ห้องบนขวา
- 2) หลอดเลือด pulmonary artery พบที่ห้องล่างขวา
- 3) หลอดเลือด pulmonary vein พบที่ห้องบนซ้าย
- 4) หลอดเลือด aorta พบที่ห้องล่างซ้าย

3) ลิ้นหัวใจ มีอยู่ 3 ตำแหน่งดังนี้

- 1) ไตรคัสปิด มีจำนวน 3 แผ่น พบระหว่างห้องขวาบนและห้องขวาล่าง
- 2) ไบคัสปิด มีจำนวน 2 แผ่น พบระหว่างห้องซ้ายบนและห้องซ้ายล่าง
- 3) เซมิลูนาร์ เป็นแผ่นครึ่งวงกลมจำนวน 3 แผ่น พบระหว่างห้องล่างกับหลอดเลือด มี 2 ตำแหน่ง คือ ระหว่างห้องล่างขวา กับ Pulmonary artery เรียกว่า pulmonary semilunar valve และห้องล่างซ้าย กับ aorta เรียกว่า aortic semilunar valve

8. กลไกการไหลเวียนสารของสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ

- 8.1 สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ไหลเวียนสารผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ที่สัมผัสกับสิ่งแวดล้อมโดยตรง
- 8.2 ใส้เดือนดิน มีหัวใจเทียม ทำหน้าที่สูบฉีดเลือดไปตามหลอดเลือด ที่ทอดยาวตลอดลำตัวจึงเกิดแรงดันเลือดให้ไหลวนอยู่ในหลอดเลือดต่อเนื่องกันไป
- 8.3 แมลง เลือดสัมผัสกับเนื้อเยื่อโดยตรง จึงเกิดการแลกเปลี่ยนสาร แล้วไหลกลับเข้าสู่หัวใจโดยการหดตัวและคลายตัวของกล้ามเนื้อลำตัว
- 8.4 ปลา มีหัวใจ 2 ห้องในการสูบฉีดเลือดไปแลกเปลี่ยนแก๊สที่เหงือก และส่งไปส่วนต่าง ๆ ของร่างกาย
- 8.5 สัตว์สะเทินน้ำสะเทินบก มีหัวใจ 3 ห้อง โดยเวนทริเคิลกั้นไม่สมบูรณ์ ทำหน้าที่สูบฉีดเลือดไปแลกเปลี่ยนแก๊สที่ปอดแล้วไหลวนกลับสู่หัวใจเพื่อสูบฉีดเลือดอีกครั้งไปหล่อเลี้ยงร่างกาย
- 8.6 สัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมและคน มีกลไกการไหลเวียนเลือด 5 ขั้นตอน ดังนี้
 - 1) เลือดจาก superior vena cava และ Inferior vena cava ไหลเข้าสู่ห้องบนขวา ผ่านลิ้นหัวใจไตรคัสปิดไปสู่ห้องขวาล่าง
 - 2) เลือดจากห้องขวาล่างไหลผ่านลิ้นหัวใจเซมิลูนาร์ เข้าสู่หลอดเลือด Pulmonary artery ไปยังปอด
 - 3) เลือดที่ผ่านการแลกเปลี่ยนแก๊สบริเวณปอด ไหลผ่านหลอดเลือด Pulmonary vein ไปสู่ห้องซ้ายบน

- 4) เลือดจากห้องซ้ายบนไหลผ่านลิ้นหัวใจไปคัสปิดเข้าสู่ห้องซ้ายล่าง
- 5) เลือดจากห้องซ้ายล่างไหลผ่านหลอดเลือดแดงใหญ่ (aorta) เพื่อสูบฉีดไปทั่วร่างกาย

9. อัตราการเต้นของหัวใจ

- 9.1 อัตราการเต้นของหัวใจ หมายถึง จำนวนครั้งที่หัวใจเต้นอันเนื่องมาจากการหดและคลายตัวของกล้ามเนื้อหัวใจเป็นจังหวะ
- 9.2 การวัดอัตราการเต้นหัวใจ สามารถวัดได้ที่หลอดเลือดอาร์เตอรี โดยคำนวณจากจำนวนครั้งที่หัวใจเต้นใน 1 นาทีจากจังหวะการหดและคลายตัวของกล้ามเนื้อหัวใจ
- 9.3 โดยในปัจจุบันแพทย์ใช้เครื่องตรวจคลื่นไฟฟ้าหัวใจสำหรับตรวจสอบการเต้นของหัวใจและการวินิจฉัยโรค

10. ความดันเลือด

- 10.1 ความดันเลือด หมายถึง แรงดันอันเกิดจากการบีบตัวของหัวใจ ซึ่งทำให้เซลล์ของร่างกายได้รับแก๊สออกซิเจนและสารต่าง ๆ จากเลือด
- 10.2 การวัดความดันเลือด สามารถวัดได้ที่หลอดเลือดอาร์เตอรีที่อยู่ใกล้หัวใจ โดยใช้เครื่องวัดความดันเลือด
- 10.3 ประเภทของความดันเลือด จำแนกได้ 2 ประเภท ดังนี้
 - 1) ความดันซิสโตลิก คือ ค่าความดันเลือดสูงสุดขณะหัวใจบีบตัว
 - 2) ความดันไดแอสโตลิก คือ ค่าความดันเลือดขณะหัวใจคลายตัว

11. ความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับหัวใจและการไหลเวียนสารของคน

- 11.1 โรคหัวใจขาดเลือด เกิดจากความดันเลือดสูง หรือไขมันในเลือดสูง
- 11.2 โรคลิ้นหัวใจรั่ว ทำให้เกิดการไหลย้อนกลับของเลือด
- 11.3 โรคหัวใจล้มเหลว เป็นโรคที่หัวใจไม่สามารถบีบตัวเพื่อสูบฉีดเลือดได้

กิจกรรมการเรียนรู้

สถานการณ์ เรื่อง ป้มเลือดให้ถึงใจ

ผู้ป่วยรายหนึ่งต้องเข้ารับการผ่าตัดหัวใจอย่างเร่งด่วน ในขณะที่ผ่าตัดนั้น ร่างกายของผู้ป่วยจำเป็นต้องมีเลือดหล่อเลี้ยงตลอดเวลา ดังนั้นจึงมีการสร้างเครื่องมือที่ทำหน้าที่แทนปอดและหัวใจในการแลกเปลี่ยนแก๊สและลำเลียงเลือด จากปัญหาดังกล่าว บริษัทผลิตอุปกรณ์ทางการแพทย์แห่งหนึ่งได้เร่งพัฒนาสิ่งประดิษฐ์มาใช้แก้ปัญหา โดยมอบหมายให้ทีมวิศวกรทดลองสร้างเครื่องมือดังกล่าว โดยใช้วัสดุผสมอาหารจำลองแทนเลือด ใช้ถังน้ำจำลองเป็นอ่างเก็บเลือด และใช้สายยางขนาดเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.2 เซนติเมตร ทำหน้าที่เสมือนหลอดเลือดในการลำเลียงเลือดไปยังเครื่องแลกเปลี่ยนแก๊ส ซึ่งวิศวกรฝึกหัดใช้สารฟอกขาว (Bleach) ในการทำให้เลือดมีสีจางลง เป็นการจำลองการเติม ออกซิเจนให้เลือด โดยกำหนดให้ปริมาณการเติมสารฟอกขาว 0.1 ลิตร เท่ากับการเติมออกซิเจน 1 ลิตร เมื่อเลือดได้รับการแลกเปลี่ยนแก๊สเรียบร้อยแล้ว วิศวกรฝึกหัดใช้ปั๊มมือขนาดเล็ก สูบฉีดเลือด กลับสู่ร่างกาย แต่ปรากฏว่า สิ่งประดิษฐ์ดังกล่าวไม่สามารถลำเลียงเลือด 1 ลิตร ไปแลกเปลี่ยนแก๊ส แล้วไหลวนกลับสู่ร่างกายได้ภายในระยะเวลา 5 นาที ตามที่หัวหน้าวิศวกรคาดหวังไว้ รวมทั้งเลือดที่ผ่านการฟอกนั้น สีไม่จางลง และยังพบรอยรั่วในบริเวณจุดเชื่อมสายยาง ทำให้เลือดไหลออกจากระบบจำนวนมาก หากนักเรียนเป็นทีมวิศวกร นักเรียนจะแก้ปัญหาจากสถานการณ์ โดยการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์นี้ให้มีประสิทธิภาพมากขึ้นอย่างไร โดยสิ่งประดิษฐ์ดังกล่าวจะต้องจัดวางอยู่บนขนาดโต๊ะที่กำหนด

ข้อมูลผู้ป่วย

น้ำหนักผู้ป่วย 65 กิโลกรัม

ปริมาตรอากาศที่ผู้ป่วยหายใจเข้าและออก 1 ครั้ง 500 มิลลิลิตร

อัตราการหายใจ 20 ครั้งต่อนาที

อัตราการเต้นของหัวใจ 72 ครั้งต่อนาที

คาบที่ 1-3

1. ชั้นระบุปัญหาและข้อจำกัด

ครูนำเสนอสถานการณ์ให้แก่ผู้เรียน และตั้งคำถามเพื่อให้ผู้เรียนระบุปัญหาและข้อจำกัดในการสร้างสิ่งประดิษฐ์

วัสดุอุปกรณ์ที่วิศวกรฝึกหัดสามารถเลือกใช้ได้ภายใต้งบประมาณ 300 บาท

1. ถังน้ำขนาดเล็ก	ถังละ	30 บาท
2. ถังน้ำขนาดกลาง	ถังละ	60 บาท
3. ถังน้ำขนาดใหญ่	ถังละ	100 บาท
4. สายยางเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.3 เซนติเมตร	เมตรละ	7 บาท
5. สายยางเส้นผ่านศูนย์กลาง 0.5 เซนติเมตร	เมตรละ	10 บาท
6. พาราฟิล์ม	ม้วนละ	150 บาท
7. ปัมมือขนาดเล็ก	อันละ	60 บาท
8. ปัมมือขนาดกลาง	อันละ	100 บาท
9. ปัมมือขนาดใหญ่	อันละ	150 บาท

2. ชั้นศึกษาค้นคว้า

2.1 ครูจัดกิจกรรมการปฏิบัติการทดลอง เรื่อง โครงสร้างปอดของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม โดยมอบหมายให้ผู้เรียนเตรียมปอดสุกรหรือโคมาใช้เป็นตัวช่วยในการศึกษาร่วมกับการใช้แอปพลิเคชัน ANATOMY 4D ในการศึกษาโครงสร้างปอด โดยครูและนักเรียนร่วมกันสรุปและอภิปรายผลการศึกษา

2.2 ครูบรรยายขยายความรู้สู่โครงสร้างและกลไกที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ โดยระหว่างการสอน มีการตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนระบุโครงสร้างและอธิบายกลไกได้ด้วยตนเอง

คาบที่ 4-6

2. ชั้นศึกษาค้นคว้า (ต่อ)

2.3 ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ศึกษากระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์ชนิดต่าง ๆ โดยการใช้สื่อวีดิทัศน์และสื่อแอนิเมชันประกอบการสอนและตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนสามารถอธิบายกลไกได้ด้วยตนเอง

2.4 ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ศึกษากลไกการสูดลมหายใจและการควบคุมการหายใจของคน โดยใช้แบบจำลองปอดเทียม ซีโครงเทียมและแบบจำลองสมองคนร่วมกับสื่อแอนิเมชันประกอบการสอนและตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนสามารถอธิบายกลไกได้ด้วยตนเอง

2.5 ครูจัดกิจกรรมการปฏิบัติการทดลองเพื่อศึกษาอัตราการหายใจของสัตว์ โดยครูและนักเรียนร่วมกันสรุปและอภิปรายผลการศึกษา รวมทั้งครูตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนสามารถบอกความหมายและคำนวณอัตราการหายใจของสัตว์ได้ด้วยตนเอง

2.6 ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ศึกษาความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับปอดและโรคของระบบทางเดินหายใจของคนด้วยสื่อแอนิเมชันและตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนบอกสาเหตุและลักษณะความผิดปกติของโรคได้ด้วยตนเอง

คาบที่ 7-9

2. ชั้นศึกษาค้นคว้า (ต่อ)

2.8 ครูจัดกิจกรรมการปฏิบัติการทดลอง เรื่อง โครงสร้างหัวใจของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมโดยมอบหมายให้ผู้เรียนเตรียมหัวใจสุกรหรือโคมาใช้เป็นตัวอย่างในการศึกษาร่วมกับการใช้แอปพลิเคชัน ANATOMY 4D ในการศึกษาโครงสร้างหัวใจ โดยครูและนักเรียนร่วมกันสรุปและอภิปรายผลการศึกษา

2.9 ครูบรรยายขยายความรู้สู่โครงสร้างและกลไกการไหลเวียนสารของสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ โดยระหว่างการสอนมีการตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนระบุโครงสร้างและอธิบายกลไกให้ได้ด้วยตนเอง

2.10 ครูจัดกิจกรรมการเรียนรู้ศึกษาอัตราการเต้นของหัวใจ ความดันเลือด และความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับหัวใจของคนด้วยสื่อแอนิเมชันและตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนบอกสาเหตุ และลักษณะความผิดปกติของโรคได้

2.11 ครูมอบหมายให้นักเรียนสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติมจากเอกสาร ตำรา และแหล่งเรียนรู้ออนไลน์ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างสิ่งประดิษฐ์ โดยมีประเด็นให้ศึกษา 3 ประเด็น ดังนี้

- 1) ศึกษาอัตราการไหลของของเหลวผ่านสายยางขนาดต่าง ๆ
- 2) ศึกษารูปแบบของอุปกรณ์ปั๊มของเหลว เช่น อุปกรณ์ปั๊มด้วยมือ
- 3) ศึกษาการคำนวณการเติมสารฟอกขาว

คาบที่ 10

3. ชั้นคิดออกแบบ

นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากกิจกรรมในชั้นศึกษาค้นคว้าเชื่อมโยงกับสถานการณ์ปัญหานำไปสู่การออกแบบและสร้างสิ่งประดิษฐ์ โดยมีขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมดังนี้

3.1 ครูแบ่งนักเรียนออกเป็น 8 กลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน

3.2 สมาชิกแต่ละคนในกลุ่มประมวลความรู้ต่าง ๆ ที่ได้จากชั้นศึกษาค้นคว้าในการวาดแบบร่างสิ่งประดิษฐ์หรืออาจใช้โปรแกรมคอมพิวเตอร์ช่วยออกแบบเครื่องมือที่จำลองการทำงานของ cardiopulmonary bypass รวมทั้งเขียนเหตุผลแสดงความเป็นไปได้ที่จะแก้ปัญหาได้สำเร็จตามเกณฑ์ชีวิตและสอดคล้องกับข้อจำกัด

3.3 นักเรียนนำวัสดุอุปกรณ์ที่เลือกใช้ในการสร้างสิ่งประดิษฐ์มาทดลองเพื่อดูความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา เช่น การใช้สายยางเส้นผ่านศูนย์กลางขนาดต่างๆ ในการทดลอง การลำเลียงน้ำและจับเวลา การคำนวณปริมาณการเติมสารฟอกขาว (แทนการเติมออกซิเจน)

4. ชั้นวิเคราะห์ความคิด

นักเรียนแต่ละกลุ่มจะได้วิเคราะห์แบบร่างสิ่งประดิษฐ์ที่ได้ออกแบบไว้ โดยมีขั้นตอนดังนี้

4.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายร่วมกันรวมทั้งเขียนเปรียบเทียบข้อดีและข้อบกพร่องของแบบร่างสิ่งประดิษฐ์ของสมาชิกแต่ละคน

4.2 นักเรียนแต่ละกลุ่มกำหนดแบบร่างสิ่งประดิษฐ์ต้นแบบที่มีความเป็นไปได้มากที่สุดที่จะแก้ปัญหาได้สำเร็จตามเกณฑ์และสอดคล้องกับข้อจำกัดใหม่ โดยครูเดินตรวจสอบและให้คำชี้แนะ

4.3 สมาชิกในกลุ่มร่วมกันกำหนดวัสดุอุปกรณ์สำหรับการสร้างสิ่งประดิษฐ์ตามแบบร่างและแบ่งหน้าที่ในการดำเนินการสร้างสิ่งประดิษฐ์

คาบที่ 11-12

5. ชั้นสร้างผลงาน

5.1 นักเรียนแต่ละกลุ่มดำเนินการประดิษฐ์ผลงานตามแบบร่าง

5.2 ครูตรวจสอบการทำงานของนักเรียนรายกลุ่มและให้คำแนะนำในระหว่างการสร้างผลงาน

5.3 ครูตรวจสอบความเรียบร้อยของผลงานของนักเรียนก่อนนำไปทดสอบและปรับปรุง

6. ขั้นตอนทดสอบและปรับปรุง

นักเรียนแต่ละกลุ่มนำสิ่งประดิษฐ์ต้นแบบมาประกอบให้สมบูรณ์และทดสอบในชั้นเรียน โดยครูพิจารณาว่า สิ่งประดิษฐ์สอดคล้องกับข้อจำกัดหรือไม่ และเมื่อทดสอบแล้ว สิ่งประดิษฐ์นั้นผ่านเกณฑ์ชี้วัดหรือไม่ หากไม่สามารถบรรลุเกณฑ์ นักเรียนต้องจดบันทึกข้อบกพร่องเพื่อปรับปรุงแก้ไข และทดสอบจนกว่าจะผ่านเกณฑ์ชี้วัด โดยพิจารณาจากสิ่งประดิษฐ์สามารถลำเลียงเลือดดำไปแลกเปลี่ยนแก๊สแล้วสูดกลับสู่ร่างกายภายในระยะเวลา 5 นาที สิ่งประดิษฐ์ไม่มีรอยรั่ว และน้ำสีต้องถูกฟอกจนสีจางลงเทียบกับตัวตรวจของครู

7. ชิ้นสื่อสารและสะท้อนผล

7.1 นักเรียนนำตัวต้นแบบที่ผ่านการทดสอบและปรับปรุงมาอย่างดีแล้วมานำเสนอในที่สาธารณะ โดยมีครู ผู้เชี่ยวชาญ และบุคคลทั่วไปที่สนใจร่วมรับชม โดยนักเรียนนำเสนอได้ประเด็น ดังนี้

- 1) หลักการและแนวคิดการสร้างสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหาจากสถานการณ์
- 2) ความรู้ทางชีววิทยาที่นำมาเชื่อมโยงกับศาสตร์ต่าง ๆ ในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ ได้แก่ โครงสร้างและกลไกที่ใช้การแลกเปลี่ยนแก๊สและการลำเลียงสารของสิ่งมีชีวิต ดังนี้
 - 2.1) การเทียบเคียงหลอดเลือดกับสายยาง การระบุห้องหัวใจ
 - 2.2) การระบุทิศทางการไหลเวียนเลือดในสิ่งประดิษฐ์กับหัวใจ
 - 2.3) การออกแบบวิธีการบีบเลือดโดยคำนึงถึงความดันเลือด
 - 2.4) การใช้ความรู้เกี่ยวกับอัตราการหายใจเพื่อคำนวณการเติมสารฟอกขาว
 - 2.5) การระบุเชื้อโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบหายใจและไหลเวียนเลือด

7.2 ครูจัดให้มีการอภิปรายและซักถามเพื่อสะท้อนผลการปฏิบัติงานและนำข้อบกพร่องไปแก้ไขในการทำงานครั้งต่อไป

หมายเหตุ ครูอาจมอบหมายให้นักเรียนผลิตสื่อวีดิทัศน์เผยแพร่วิธีการแก้ปัญหาสู่แหล่งเรียนรู้ออนไลน์ เพื่อรับฟังคำแนะนำจากผู้ชม

สื่อการเรียนรู้

1. หนังสือเรียน ว 32242 ชีววิทยาเพิ่มเติม เล่ม 2 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551
2. แอปพลิเคชัน ANATOMY 4D
3. สื่อวีดิทัศน์และสื่อแอนิเมชันที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนแก๊สและการไหลเวียนสารของ
สิ่งมีชีวิต
4. แบบจำลองปอดเทียม ซีโครงเทียม และแบบจำลองสมองคน
5. อุปกรณ์การผ่าตัดเพื่อศึกษาโครงสร้างปอดและหัวใจ
6. อุปกรณ์การทดลองทางวิทยาศาสตร์ในการศึกษาอัตราการหายใจของสัตว์

การวัดและประเมินผล



การวัด	การประเมินผล
1. ประเมินจากการตอบคำถามของนักเรียน	นักเรียน ร้อยละ 80 สามารถตอบคำถามได้
2. ประเมินจากแบบบันทึกกิจกรรมของนักเรียน	นักเรียนได้คะแนนความถูกต้อง ร้อยละ 80 ขึ้นไป
3. ประเมินจากแบบทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน	นักเรียนได้คะแนนหลังเรียน ร้อยละ 80 ขึ้นไป
4. ประเมินจากผลงานสิ่งประดิษฐ์	นักเรียนได้คะแนนผลงาน ร้อยละ 80 ขึ้นไป



แบบบันทึกกิจกรรมในการออกแบบผลงาน

รายวิชาชีววิทยา 2 (ว 32242)

เรื่อง _____

ชื่อ _____ ชั้น _____ เลขที่ _____

คำชี้แจง ให้นักเรียนทำความเข้าใจกับสถานการณ์ปัญหาที่ได้กำหนด รวมทั้ง ตอบคำถามหรือ ปฏิบัติตามคำสั่งให้ถูกต้องและครบถ้วน

1. ปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไขจากสถานการณ์ คืออะไร

ตอบ _____

2. จากสถานการณ์ในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ของทีมวิศวกรมีข้อบกพร่องอะไรบ้างที่ทำให้ไม่สามารถแก้ไขปัญหาในข้อ 1 ได้

ตอบ _____

3. หากนักเรียนเป็นวิศวกรที่ต้องสิ่งประดิษฐ์ขึ้นมาใหม่ในการแก้ปัญหานี้ นักเรียนสามารถระบุเกณฑ์ชี้วัดความสำเร็จของสิ่งประดิษฐ์และข้อจำกัดในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่ได้กำหนดไว้อย่างไรบ้าง

3.1 เกณฑ์ชี้วัดความสำเร็จของสิ่งประดิษฐ์ คือ _____

3.2 ข้อจำกัดในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ คือ _____

4. องค์ความรู้ที่นักเรียนจำเป็นต้องใช้ในการสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหามีอะไรบ้าง

ตอบ _____

5. ให้นักเรียนออกแบบวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ในการแก้ปัญหาที่แตกต่างจากแบบเดิมลงในพื้นที่ด้านล่าง จากนั้นเขียนอธิบายเหตุผลแสดงความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา

ระบุความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหาสำเร็จ

6. จากการออกแบบวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์ของสมาชิกแต่ละคนในกลุ่ม ให้นักเรียนเลือกเพียง 1 แบบ หรือประมวลจากแบบร่างของสมาชิกทุกคนในกลุ่ม แล้วดำเนินการดังนี้

6.1 นักเรียนเลือกใช้แบบร่างแบบใด พร้อมทั้งระบุเหตุผลที่เลือกแบบร่างนี้

6.2 ระบุขั้นตอนการสร้างและวัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้ลงในพื้นที่ด้านล่างนี้

ขั้นตอนการสร้าง	วัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้

6.3 ให้นักเรียนลงมือสร้างผลงานตามแบบร่างและขั้นตอนที่เลือกไว้

7. เมื่อนักเรียนสร้างวิธีการหรือสิ่งประดิษฐ์เรียบร้อยแล้ว ให้ระบุขั้นตอนหรือวิธีการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานลงในพื้นที่ด้านล่าง จากนั้นลงมือตรวจสอบ

8. จากการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานที่นักเรียนสร้างขึ้น ให้นักเรียนระบุข้อดี ข้อบกพร่อง และเสนอแนะสำหรับครั้งต่อไป

8.1 ข้อดี คือ _____

8.2 ข้อบกพร่อง คือ _____

8.3 ข้อเสนอแนะ คือ _____

9. ให้นักเรียนเขียนสะท้อนผลการปฏิบัติงานของตนเองจากการนำเสนอของกลุ่มตนเอง

10. ให้นักเรียนระบุความรู้หรือทักษะที่ใช้จากกิจกรรมตามองค์ประกอบของสะเต็มศึกษา

องค์ประกอบของสะเต็มศึกษา	ความรู้หรือทักษะที่ใช้
วิทยาศาสตร์	
เทคโนโลยี	
วิศวกรรมศาสตร์	
คณิตศาสตร์	

แบบบันทึกกิจกรรมในการศึกษาค้นคว้า เรื่อง โครงสร้างปอดของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม
 รายวิชา ว 32242 ชีววิทยา 2
 จำนวน 2 คาบ

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

ครูผู้สอน นายอาทิตย์ ฉิมกุล

จุดประสงค์

นักเรียนสามารถ

1. บอกลักษณะโครงสร้างภายนอกของปอด
2. ระบุลำดับของทางเดินอากาศจากภายนอกไปจนสุด
3. เปรียบเทียบลักษณะกระดูกอ่อนของทางเดินอากาศส่วนต่าง ๆ
4. อธิบายการเปลี่ยนแปลงของปอดขณะสูบลมเข้าไปในปอด

วัสดุอุปกรณ์

- 1..... 2. 3.
- 4..... 5. 6.

วิธีการศึกษา

ให้นักเรียนสวมถุงมือยาง นำปอดไปล้างให้สะอาดและดำเนินการ ดังนี้

1. พิจารณาลักษณะและโครงสร้างภายนอกของปอด
2. พิจารณาลักษณะและโครงสร้างของกระดูกอ่อนบริเวณกล่องเสียง
3. ตัดส่วนอื่นๆ ออกเหลือแต่ท่อลมและปอด ลองใช้นิ้วมือบีบท่อลมแล้วปล่อย สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น จากนั้นสังเกตการณ์จัดเรียงตัวของกระดูกอ่อน และรูปร่างของกระดูกอ่อนที่ประกอบกันเป็นท่อลม
4. เลาะเนื้อเยื่อตรงรอยต่อของท่อลมและหลอดลม (bronchus) เพื่อหาตำแหน่งของหลอดลมใช้สายยางสอดเข้าไปในท่อลมแล้วใช้ที่สูบลม สูบลมเข้าไป สังเกตการเปลี่ยนแปลงของปอด
5. กรีดหลอดลมแล้วใช้สายยางสอดเข้าไปที่หลอดลม ใช้ที่สูบลมสูบลมเข้าไป สังเกตการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น และผ่าเนื้อปอดบริเวณต่างๆ ที่ยังคงเห็นหลอดลมอยู่ เพื่อศึกษาการแตกแขนงของหลอดลม
6. สังเกตการณ์เรียงลำดับทางเดินอากาศตั้งแต่กล่องเสียงว่าไปสิ้นสุดที่ใด
7. วาดรูปโครงสร้างของปอดพร้อมกับชี้ส่วนประกอบ

ผลการศึกษา



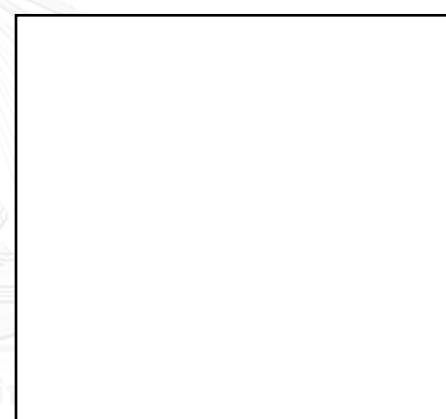
ภาพแสดงลักษณะภายนอกของบ่อ



ภาพแสดงลักษณะกระตุกอ่อนบริเวณที่อลม



ภาพแสดงลักษณะกล่องเสียงด้านหน้า



ภาพแสดงลักษณะกล่องเสียงด้านข้าง

คำถาม

1. ลักษณะบ่อภายนอกมีสีอะไร เพราะเหตุใดจึงมีสีเช่นนั้น

.....

2. ลักษณะรูปร่างและขนาดของบ่อข้ายและบ่อขาวมีความแตกต่างกันอย่างไร

.....

3. ลักษณะรูปร่างของกระตุกอ่อนบริเวณกล่องเสียงมีลักษณะอย่างไร

.....

4. กล้องเสียงมีกลไกอย่างไร เพื่อป้องกันไม่ให้อาหารตกลงไปในท่อลม

.....
.....

5. เมื่อใช้นิ้วมือบีบท่อลมแล้วปล่อย ท่อลมเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

.....
.....

6. ลักษณะรูปร่างของกระดูกอ่อนบริเวณท่อลมมีลักษณะอย่างไร และมีความเหมาะสมต่อการทำหน้าที่อย่างไร

.....
.....

7. เมื่อใช้สายยางสอดเข้าไปในท่อลมแล้วใช้ที่สูบลม สูบลมเข้าไป ปอดมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

.....
.....

8. ถูกลมบริเวณปลายสุดของทางเดินอากาศมีลักษณะอย่างไร และมีความเหมาะสมต่อการทำหน้าที่อย่างไร

.....
.....

9. ทางเดินอากาศตั้งแต่กล่องเสียงไปจนถึงมีลำดัดอย่างไร

.....
.....

แบบบันทึกกิจกรรมในการศึกษาค้นคว้า เรื่องหัวใจของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม

รายวิชา ว 32242 ชีววิทยา 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
 จำนวน 2 คาบ ครูผู้สอน นายอาทิตย์ ฉิมกุล

.....

จุดประสงค์

นักเรียนสามารถ

1. บอกลักษณะภายนอกและภายในของหัวใจสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมได้
2. ระบุหลอดเลือดต่างๆที่เกี่ยวข้องกับหัวใจสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมและอธิบายความเหมาะสมต่อหน้าที่การทำงานที่ได้
3. บอกลักษณะและระบุตำแหน่งของลิ้นหัวใจ และอธิบายความเหมาะสมของโครงสร้างต่อหน้าที่ได้

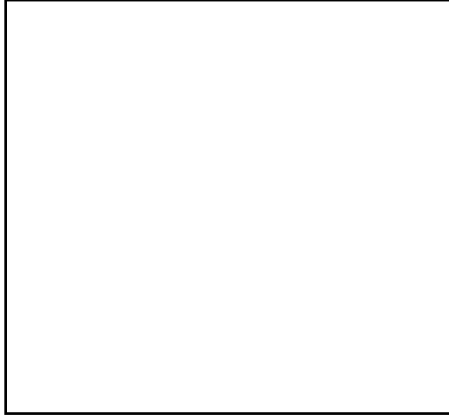
วัสดุอุปกรณ์

- 1..... 2. 3.
- 4..... 5. 6.

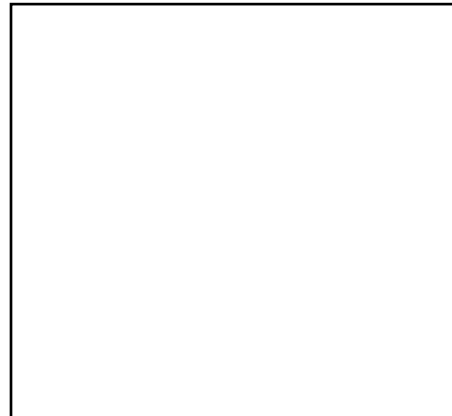
วิธีการศึกษา

1. สังเกตขนาด รูปร่าง ลักษณะภายนอก แนวของหลอดเลือดที่พาดบนหัวใจ และหลอดเลือดเล็กๆที่ฝักรอบนอกของหัวใจ เปรียบเทียบความแตกต่างของขนาด ลักษณะและความหนาของหัวใจห้องบน (atrium) และห้องล่าง (ventricle)
2. ใช้มือบีบผนังหัวใจห้องล่างทั้ง 2 ด้าน เพื่อระบุด้านซ้ายและด้านขวาของหัวใจ
3. สังเกตหลอดเลือดที่ติดต่อกับหัวใจทุกห้องในเรื่องขนาด จำนวน และความหนาของหลอดเลือด
4. เลือกลหลอดเลือดที่มีขนาดใหญ่และผนังหนาที่สุด ใช้นิ้วมือหรือแท่งแก้วสอดลงไปหลอดเลือด ใช้กรรไกรตัดผนังหลอดเลือดนั้นเข้ามาจนถึงโคนหลอดเลือด สังเกตลักษณะและจำนวนลิ้นที่โคนหลอดเลือดนี้ ระบุตำแหน่งห้องหัวใจที่เชื่อมต่อกับหลอดเลือด วาดรูปลิ้นที่โคนหลอดเลือด
5. ศึกษาหลอดเลือดอื่นๆที่เชื่อมต่อกับหัวใจห้องต่างๆตามวิธีการในข้อ 4
6. ใช้มีดผ่าผนังห้องหัวใจทั้งด้านซ้ายและด้านขวาตามแนวยาว แต่ไม่ให้ด้านล่างของหัวใจขาดจากกัน เปรียบเทียบความหนาของผนังห้องหัวใจด้านซ้ายและด้านขวา
7. ใช้มีดผ่าผนังห้องหัวใจจากด้านล่างขึ้นไปด้านบน แต่ไม่ให้ด้านบนขาดจากกัน สังเกตผนังที่กั้นระหว่างห้องด้านล่างซ้ายและด้านล่างขวา
8. สังเกตรอยต่อระหว่างผนังห้องหัวใจด้านล่างและด้านบนและลิ้นระหว่างห้องหัวใจทั้งด้านซ้ายและด้านขวา
9. ศึกษารูปร่าง ลักษณะ จำนวนแผ่น เอ็นที่ยึดแผ่นลิ้นและรูปแบบการปิดเปิดของลิ้น
10. สรุปผลการศึกษาโครงสร้างของหัวใจและทิศทางการหมุนเวียนเลือดผ่านหัวใจ

ผลการศึกษา



ลักษณะภายนอกของหัวใจด้านหน้า



ลักษณะภายนอกของหัวใจด้านหลัง



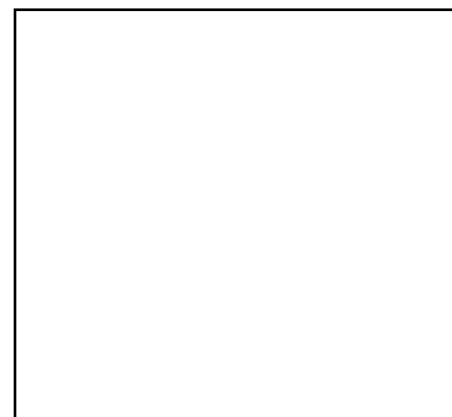
ลิ้นที่โคนหลอดเลือดหัวใจห้องล่างซ้าย



ลิ้นที่โคนหลอดเลือดหัวใจห้องล่างขวา



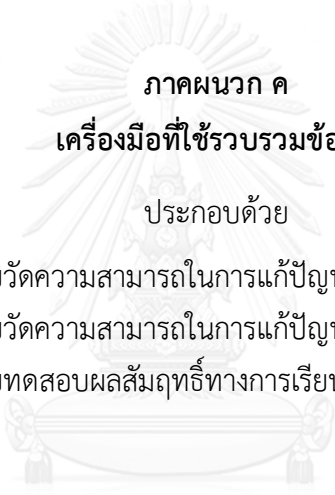
ลิ้นระหว่างหัวใจห้องบนซ้ายและล่างซ้าย



ลิ้นระหว่างหัวใจห้องบนซ้ายและล่างซ้าย

คำถาม

1. เมื่อสังเกตจากลักษณะภายนอก ทราบได้อย่างไรว่าหัวใจด้านใดเป็นด้านซ้ายหรือด้านขวา
.....
.....
2. ความแตกต่างของผนังห้องหัวใจห้องบนและห้องล่างมีความสัมพันธ์กับหน้าที่อย่างไร
.....
.....
3. ห้องหัวใจที่มีผนังหนาที่สุดคือห้องใด และมีผลต่อหน้าที่อย่างไร
.....
.....
4. ความหนาของผนังหลอดเลือดที่ติดต่อกับหัวใจมีความสัมพันธ์กับความหนาของผนังห้องหัวใจอย่างไร และมีผลต่อหน้าที่อย่างไร
.....
.....
5. โคนหลอดเลือดที่ต่อกับห้องหัวใจมีลิ้นทุกหลอดเลือดหรือไม่ ลักษณะของลิ้นเป็นแบบใด และเกี่ยวข้องกับหน้าที่ของหลอดเลือดอย่างไร
.....
.....
6. หัวใจห้องด้านซ้ายและด้านขวามีช่องทางติดต่อกันหรือไม่ ลักษณะนี้มีผลต่อการหมุนเวียนเลือดในหัวใจอย่างไร
.....
.....
7. หัวใจห้องบนซ้ายและล่างซ้ายมีช่องทางติดต่อกันหรือไม่ และมีวิธีการควบคุมทิศทางการไหลของเลือดระหว่าง 2 ห้องนี้ได้อย่างไร
.....
.....
8. หัวใจห้องบนขวาและล่างขวามีช่องทางติดต่อกันหรือไม่ และมีวิธีการควบคุมทิศทางการไหลของเลือดระหว่าง 2 ห้องนี้ได้อย่างไร
.....
.....
9. ลิ้นหัวใจระหว่างห้องบนและห้องล่างทางด้านซ้ายและด้านขวา มีความเหมือนและความแตกต่างกันอย่างไร
.....
.....
10. การหมุนเวียนเลือดของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมเป็นระบบปิดหรือแบบเปิดและมีทิศทางการหมุนเวียนอย่างไร
.....
.....



ภาคผนวก ค
เครื่องมือที่ใช้รวบรวมข้อมูล

ประกอบด้วย

1. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียน
2. แบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียน
3. แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

แบบความสามารถในการแก้ปัญหาก่อนเรียน

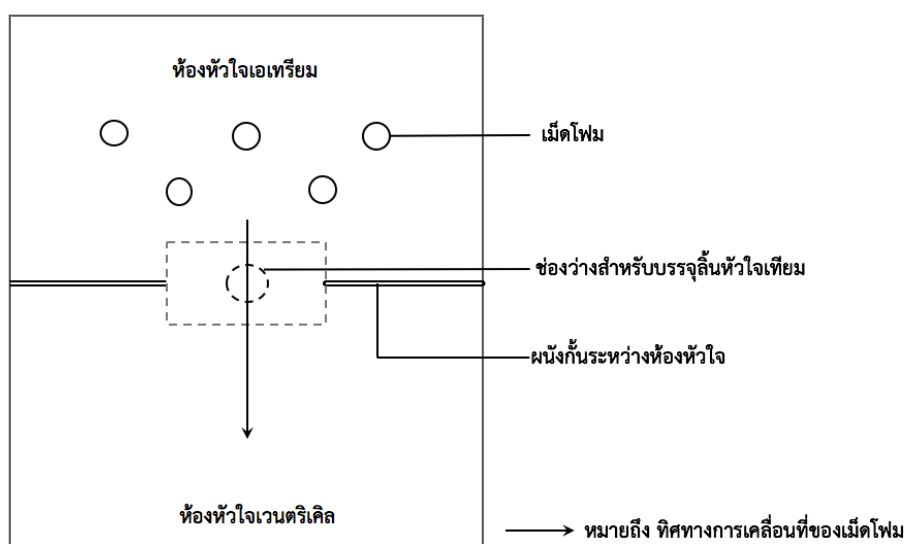
ชื่อ _____	ชั้น _____	เลขที่ _____
------------	------------	--------------

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ปัญหาแล้วตอบคำถามหรือปฏิบัติตามคำสั่งให้ครบถ้วนโดยมีเวลาในการทำแบบทดสอบ 50 นาที

สถานการณ์ เรื่อง วิศวกรฝึกหัดสร้างลิ้นหัวใจจำลอง

สังคมในปัจจุบัน ผู้ป่วยที่หัวใจทำงานผิดปกติเพิ่มมากขึ้นอย่างต่อเนื่อง โดยเฉพาะการทำงานของลิ้นหัวใจที่บกพร่อง จนนำไปสู่การเกิดโรคลิ้นหัวใจรั่ว นวัตกรรมทางการแพทย์อย่างหนึ่งที่สามารถช่วยแก้ปัญหาให้กับผู้ป่วยได้ คือ การปลูกถ่ายลิ้นหัวใจเทียมในการทำหน้าที่ยกป้องกันการไหลย้อนกลับของเลือดและบังคับให้กระแสเลือดไหลไปสู่ห้องหัวใจต่าง ๆ ในทิศทางเดียว

จากสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น บริษัทผลิตอุปกรณ์ทางการแพทย์จึงเร่งพัฒนาวิศวกรฝึกหัด โดยมอบโจทย์ท้าทายให้สร้างลิ้นหัวใจจำลองขึ้นมา โดยใช้วัสดุอุปกรณ์ที่คุ้มค่าและประหยัดที่สุด ภายใต้งบประมาณ 70 บาท โดยนำลิ้นหัวใจจำลองดังกล่าว ไปบรรจุลงในกล่องที่มีผนังกันแทนห้องหัวใจเอเทรียมกับเวนทริเคิล และใช้เม็ดโม่จำลองการไหลของกระแสเลือด ดังรูปที่ 1 ซึ่งลิ้นหัวใจจำลองต้องสามารถป้องกันการไหลย้อนกลับของเม็ดโม่ได้



รูปที่ 1 กล่องที่มีผนังกันแทนห้องหัวใจเอเทรียมกับเวนทริเคิล

วิศวกรฝึกหัดเลือกใช้กระดาดเทาขาว ขนาด 20×20 เซนติเมตร ราคา 30 บาท และเทพกาว 1 ม้วน ราคา 20 บาท มาใช้ในการสร้างลึ้นหัวใจจำลอง โดยนำกระดาดมาตัดเป็นครึ่งวงกลม 2 ชิ้น จากนั้น นำกระดาดมาประกอบกันโดยใช้เทพกาวเชื่อมบริเวณส่วนฐานของครึ่งวงกลม

เมื่อสร้างลึ้นหัวใจจำลองเสร็จเรียบร้อยแล้ว วิศวกรฝึกหัดทดสอบประสิทธิภาพของลึ้นหัวใจจำลอง ด้วยการปล่อยเม็ดโพลี จำนวน 50 เม็ด ลงไปในกล่องด้านเอเทรียม จากนั้นเอียงกล่อง เพื่อให้เม็ดโพลีไหลไปยังด้านเวนตริเคิล และเอียงอีกครั้งหนึ่งเพื่อให้เม็ดโพลีไหลย้อนกลับไปด้าน เอเทรียม ผลปรากฏว่า เม็ดโพลีมีการไหลย้อนกลับจำนวน 25 เม็ด คิดเป็นร้อยละ 50 ของ เม็ดโพลีทั้งหมด และในขณะที่ทำการทดสอบ พบว่า กระดาดเทาขาวฉีกขาดและแยกออกจากกัน

หากนักเรียนเป็นวิศวกรฝึกหัดนักเรียนสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ให้มีประสิทธิภาพมากกว่าเดิม ได้อย่างไร

วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ของวิศวกรฝึกหัด

- | | |
|--|-------------|
| 1. กระดาดแข็งขนาด 20×20 เซนติเมตร | ราคา 25 บาท |
| 2. กระดาดแข็งขนาด 15×15 เซนติเมตร | ราคา 20 บาท |
| 3. กระดาดเทาขาวขนาด 20×20 เซนติเมตร | ราคา 30 บาท |
| 4. กระดาดเทาขาวขนาด 15×15 เซนติเมตร | ราคา 25 บาท |
| 5. เทปกาว 1 ม้วน | ราคา 20 บาท |
| 6. กาวแท่ง 1 แท่ง | ราคา 15 บาท |
| 7. เครื่องเย็บกระดาด 1 อัน | ราคา 30 บาท |
| 8. เครื่องเจาะรู | ราคา 35 บาท |

ข้อคำถาม

- จากสถานการณ์ เรื่อง วิศวกรฝึกหัดสร้างลึ้นหัวใจจำลอง ปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไขในสถานการณ์นี้คืออะไร (3 คะแนน)

ตอบ _____

2. ในการสร้างลิ้นหัวใจจำลองของวิศวกรฝึกหัดนั้นมีข้อบกพร่องอะไรบ้างที่ทำให้ไม่สามารถแก้ไข ปัญหาในข้อ 1 ได้ (3 คะแนน)

ตอบ _____

3. หากนักเรียนเป็นวิศวกรฝึกหัดที่ต้องการสร้างลิ้นหัวใจจำลองขึ้นใหม่ในการแก้ปัญหา นักเรียนสามารถระบุเกณฑ์ชี้วัดความสำเร็จของสิ่งประดิษฐ์และข้อจำกัดในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่บริษัทนี้ได้ กำหนดไว้ อย่างไรบ้าง (3 คะแนน)

ตอบ _____

4. จากข้อบกพร่องของลิ้นหัวใจจำลองที่ระบุในข้อ 2 ให้นักเรียนนำเสนอแบบร่างลิ้นหัวใจ จำลอง แบบใหม่ มา 2 แบบ โดยวาดภาพร่างลงในพื้นที่ด้านล่าง รวมทั้งระบุว่าความแตกต่าง ระหว่างลิ้นหัวใจจำลองแบบใหม่และลิ้นหัวใจจำลองต้นแบบ (6 คะแนน)

4.1 แบบร่างลิ้นหัวใจจำลองแบบที่ 1	ข้อแตกต่างจากแบบเดิม
	

4.2 แบบร่างลึ้นหัวใจจำลองแบบที่ 2	ข้อแตกต่างจากแบบเดิม

5. จากแบบร่างทั้ง 2 แบบที่นักเรียนได้วาดไว้ในข้อ 4 ให้นักเรียนเลือก 1 แบบ แล้วดำเนินการต่อไปนี้

5.1 นักเรียนเลือกใช้แบบร่างแบบใด รวมทั้งระบุเหตุผลที่เลือกแบบร่างนี้ (3 คะแนน)

ตอบ _____

5.2 ระบุขั้นตอนการสร้างและวัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้ ลงในพื้นที่ด้านล่างนี้ (3 คะแนน)

ขั้นตอนการสร้าง	วัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้

5.3 ให้นักเรียนลงมือสร้างลึ้นหัวใจจำลองตามแบบร่างและขั้นตอนที่เลือกไว้ (3 คะแนน)

6. เมื่อนักเรียนสร้างลัทธิหัวใจจำลองเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ระบุขั้นตอนหรือวิธีการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงาน จากนั้นลงมือตรวจสอบ (3 คะแนน)

7. จากการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของลัทธิหัวใจจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้น ให้นักเรียนระบุข้อดี ข้อบกพร่อง และเสนอแนะสำหรับการสร้างลัทธิหัวใจจำลองครั้งต่อไป (3 คะแนน)

ข้อดี คือ _____

ข้อบกพร่อง คือ _____

ข้อเสนอแนะ คือ _____

แบบความสามารถในการแก้ปัญหาหลังเรียน

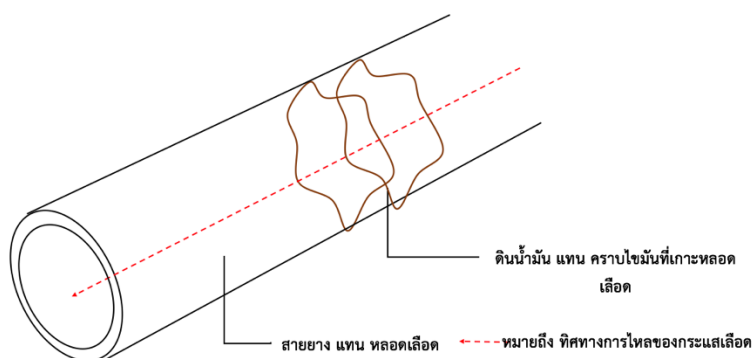
ชื่อ _____	ชั้น _____	เลขที่ _____
------------	------------	--------------

คำชี้แจง ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ปัญหาแล้วตอบคำถามหรือปฏิบัติตามคำสั่งให้ครบถ้วนโดยมีเวลาในการทำแบบทดสอบ 50 นาที

สถานการณ์ เรื่อง ปล่อยเลือดให้ไหลไป (Let blood flow)

ปัจจุบัน ผู้ป่วยโรคไขมันอุดตันในหลอดเลือดเพิ่มขึ้นอย่างมากในช่วง 5 ปี ที่ผ่านมา อันเนื่องมาจากการบริโภคไขมันชนิด LDL (low-density lipoprotein) ซึ่งเป็นไขมันที่ไม่ดีและมีคุณสมบัติเกาะกับผนังหลอดเลือด ซึ่งถ้าหากไขมันดังกล่าวไปอุดตันบริเวณหลอดเลือดโคโรนารี อาจจะทำให้หัวใจขาดเลือดได้

จากสภาพปัญหาที่เกิดขึ้น บริษัทผลิตอุปกรณ์ทางการแพทย์จึงเร่งพัฒนาวิศวกรฝึกหัด โดยมอบโจทย์ท้าทายให้สร้างอุปกรณ์จำลองที่สามารถแก้ปัญหาไขมันอุดตันในเส้นเลือดได้ โดยวิศวกรฝึกหัดต้องใช้ความรู้ชีววิทยาในเรื่องสรีรวิทยาและสัณฐานวิทยาของหลอดเลือดโคโรนารีอาร์เตอรี ได้แก่ ความหนา ความยาว และความยืดหยุ่นของหลอดเลือด รวมทั้งทิศทางการไหลของกระแสเลือดในหลอดเลือด โดยนำความรู้ดังกล่าวไปใช้ในการเลือกใช้สายยางที่จำลองหลอดเลือดและสร้างอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือด (จำลองโดยใช้ดินน้ำมัน) ที่อุดตันในหลอดเลือดที่เหมาะสมที่สุด ดังรูปที่ 1 โดยอุปกรณ์ดังกล่าว ต้องไม่สร้างความเสียหายให้กับหลอดเลือด ทั้งนี้วิศวกรต้องใช้วัสดุอุปกรณ์ที่คุ้มค่าและประหยัดที่สุดภายใต้งบประมาณ 200 บาท



รูปที่ 1 จำลองภาวะไขมันอุดตันในหลอดเลือด

วิศวกรฝึกหัดเลือกใช้หลอดดูดน้ำขนาดเล็ก ราคา 7 บาท และลูกโป่งแบบกลม ราคา 15 บาท ที่สุบล็กขนาดเล็ก ราคา 40 บาท หนึ่งยาง 1 เส้น เส้นละ 5 บาท มาใช้ในการอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือด โดยนำลูกโป่งแบบกลมสวมเข้าที่ปลายหลอดดูดน้ำก่อนจะสอดเข้าไปในสายยาง

แบบแข็ง จากนั้นสูบลมเข้าไปเพื่อให้ลูกโป่งพองตัว ซึ่งเป็นการขยายหลอดเลือดและกำจัดส่วนที่มีไขมันอุดตันให้กว้างขึ้นเพื่อให้เลือดไหลเวียนได้

เมื่อสร้างอุปกรณ์และทำการแก้ปัญหาเสร็จเรียบร้อยแล้ว วิศวกรฝึกหัดทดสอบประสิทธิภาพของอุปกรณ์ด้วยการรินน้ำ 1 ลิตร ให้ไหลผ่านสายยางที่มีดินน้ำมันอุดตันอยู่ จากนั้นพิจารณาจากอัตราเร็วของน้ำที่ไหลผ่านต้องมีระยะเวลาไม่แตกต่างจากสายยางแบบปกติ (สายยางที่ไม่มีการอุดตันของดินน้ำมัน) จากการทดสอบ ผลปรากฏว่า อัตราเร็วของน้ำที่ไหลผ่านช้ากว่าสายยางแบบปกติ 20 วินาที และเมื่อทำการทดสอบครั้งที่สอง ผลปรากฏว่า ลูกโป่งหลุดออกจากหลอดดูดน้ำขณะทำการสูบลม นอกจากนี้ยังพบรอยขีดข่วนที่ผนังของสายยางอีกด้วย

หากนักเรียนเป็นวิศวกรฝึกหัด นักเรียนสามารถแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นโดยการพัฒนาสิ่งประดิษฐ์ให้มีประสิทธิภาพมากกว่าเดิม ได้อย่างไร

วัสดุอุปกรณ์ในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ของวิศวกรฝึกหัด

1. สายยางเส้นผ่านศูนย์กลาง 3 เซนติเมตร แบบอ่อน เส้นละ 10 บาท
2. สายยางแบบแข็ง 3 เซนติเมตร เส้นละ 20 บาท
3. ลูกโป่งแบบกลม ลูกละ 15 บาท
4. ลูกโป่งแบบยาว ลูกละ 15 บาท
5. เทปใส ม้วนละ 20 บาท
7. หลอดดูดน้ำขนาดเล็ก หลอดละ 7 บาท
8. หลอดดูดน้ำขนาดใหญ่ หลอดละ 12 บาท
9. ที่สูบลมขนาดเล็ก ราคา 40 บาท
10. ที่สูบลมขนาดกลาง ราคา 60 บาท
11. ลวดดัดแบบอ่อน เซนติเมตรละ 2 บาท
12. ลวดดัดแบบแข็ง เซนติเมตรละ 4 บาท
13. ผนังยาง เส้นละ 5 บาท

ข้อคำถาม

1. จากสถานการณ์ เรื่อง วิศวกรฝึกหัดสร้างอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือด ปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไขใน สถานการณ์นี้คืออะไร (3 คะแนน)

ตอบ _____

2. ในการสร้างอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือดของวิศวกรฝึกหัดนั้น มีข้อบกพร่องอะไรบ้างที่ทำให้ไม่สามารถแก้ไขปัญหาในข้อ 1 ได้ (3 คะแนน)

ตอบ _____

3. หากนักเรียนเป็นวิศวกรฝึกหัดที่ต้องการอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือดขึ้นมาใหม่ในการแก้ปัญหานี้ นักเรียนสามารถระบุเกณฑ์ชี้วัดความสำเร็จของสิ่งประดิษฐ์และข้อจำกัดในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่บริษัทนี้ได้กำหนดไว้ อย่างไรบ้าง (3 คะแนน)

ตอบ _____

4. จากข้อบกพร่องอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือดที่ระบุในข้อ 2 ให้นักเรียนนำเสนอแบบร่างอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือดแบบใหม่ มา 2 แบบ โดยวาดภาพร่างลงในพื้นที่ด้านล่าง รวมทั้งระบุว่าความแตกต่าง ระหว่างแบบใหม่กับแบบเดิม (6 คะแนน)

4.1 แบบร่างอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือด แบบที่ 1	ข้อแตกต่างจากแบบเดิม

4.2 แบบร่างอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือดแบบที่ 2	ข้อแตกต่างจากแบบเดิม

5. จากแบบร่างทั้ง 2 แบบที่นักเรียนได้วาดไว้ในข้อ 4 ให้นักเรียนเลือก 1 แบบ แล้วดำเนินการต่อไปนี้

5.1 นักเรียนเลือกใช้แบบร่างแบบใด รวมทั้งระบุเหตุผลที่เลือกแบบร่างนี้ (3 คะแนน)

ตอบ _____

5.2 ระบุขั้นตอนการสร้างและวัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้ ลงในพื้นที่ด้านล่างนี้ (3 คะแนน)

ขั้นตอนการสร้าง	วัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้

5.3 ให้นักเรียนลงมือสร้างอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือดตามแบบร่างและขั้นตอนที่เลือกไว้ (3 คะแนน)

6. เมื่อนักเรียนสร้างอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือด เสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ระบุขั้นตอนหรือวิธีการตรวจสอบ ประสิทธิภาพการทำงาน จากนั้น ลงมือตรวจสอบ (3 คะแนน)

7. จากการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือด ที่นักเรียนสร้างขึ้น ให้นักเรียนระบุข้อดี ข้อบกพร่อง และเสนอแนะสำหรับการสร้างครั้งต่อไป (3 คะแนน)

ข้อดี คือ _____

ข้อบกพร่อง คือ _____

ข้อเสนอแนะ คือ _____

ขั้นตอน การ แก้ปัญหา	เกณฑ์การตรวจให้คะแนนในแต่ละข้อคำถาม		
	3	2	1
1. การ นิยาม ปัญหา	1. ระบุปัญหาจาก สถานการณ์ได้ถูกต้องและ เขียนสื่อความได้ชัดเจน	1. ระบุปัญหาจากสถานการณ์ได้ ถูกต้องแต่เขียนสื่อความไม่ ชัดเจน	1. ระบุปัญหาจากสถานการณ์ไม่ ถูกต้อง
	2. ระบุข้อบกพร่องได้ ถูกต้องและเขียนสื่อความ ได้ชัดเจน	2. ระบุข้อบกพร่องได้ถูกต้องแต่ เขียนสื่อความไม่ชัดเจน	2. ระบุข้อบกพร่องไม่ถูกต้อง และเขียนสื่อความไม่ชัดเจน
	3.1 ระบุเกณฑ์ชี้วัด ความสำเร็จได้เหมาะสม และเขียนสื่อความชัดเจน	3.1 ระบุเกณฑ์ชี้วัดความสำเร็จ ได้เหมาะสมแต่เขียนสื่อความไม่ ชัดเจน	3.1 ระบุเกณฑ์ชี้วัดความสำเร็จไม่ เหมาะสมและเขียนสื่อความไม่ ชัดเจน
	3.2 ระบุข้อจำกัดในการ สร้างสิ่งประดิษฐ์ได้ถูกต้อง และครบถ้วน	3.2 ระบุข้อจำกัดในการสร้าง สิ่งประดิษฐ์ถูกต้องแต่ไม่ ครบถ้วน	3.2 ระบุข้อจำกัดในการสร้าง สิ่งประดิษฐ์ไม่ถูกต้องและไม่ ครบถ้วน
2. การ สร้าง วิธีการ แก้ปัญหา	4. วาดแบบร่าง สิ่งประดิษฐ์ และระบุ ความแตกต่างจาก สิ่งประดิษฐ์ได้ถูกต้องและ ชัดเจน ทั้งสองแบบ	4. วาดแบบร่างสิ่งประดิษฐ์ และ ระบุความแตกต่างจาก สิ่งประดิษฐ์ได้ถูกต้องและชัดเจน เพียงแบบเดียว	4. วาดแบบร่างสิ่งประดิษฐ์ และ ระบุความแตกต่างจาก สิ่งประดิษฐ์ไม่ถูกต้องและไม่ ชัดเจน ทั้งสองแบบ
3. การ เลือก วิธีการ แก้ปัญหา	5.1 เขียนอธิบายเหตุผลที่ สื่อถึงความเป็นไปได้ใน การแก้ปัญหาได้สำเร็จตาม เกณฑ์ ครอบคลุมประเด็น ความคุ้มค่าของการใช้ ทรัพยากรและข้อจำกัด	5.1 เขียนอธิบายเหตุผลที่สื่อถึง ความเป็นไปได้ในการแก้ปัญหา ได้สำเร็จตามเกณฑ์ แต่เขียน ครอบคลุมเพียงบางประเด็นใน เรื่องความคุ้มค่าของการใช้ ทรัพยากรและข้อจำกัด	5.1 เขียนอธิบายเหตุผลที่ไม่สื่อ ถึงความเป็นไปได้ในการ แก้ปัญหาได้สำเร็จตามเกณฑ์ และไม่ครอบคลุมประเด็นใน เรื่องความคุ้มค่าของการใช้ ทรัพยากรและข้อจำกัด

ขั้นตอน การ แก้ปัญหา	เกณฑ์การตรวจให้คะแนนในแต่ละข้อคำถาม		
	3	2	1
4. การ ปฏิบัติตาม วิธีการ แก้ปัญหา	5.2 ระบุขั้นตอนการสร้าง สิ่งประดิษฐ์และกำหนด วัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้ในการ สร้างอย่างคุ้มค่า มีราคา รวม น้อยกว่าหรือเท่ากับ ร้อยละ 50 ของ งบประมาณ	5.2 ระบุขั้นตอนการสร้าง สิ่งประดิษฐ์และกำหนดวัสดุ/ อุปกรณ์ที่ใช้ในการสร้างอย่างคุ้มค่า มีราคารวม มากกว่าร้อยละ 50 ของงบประมาณ แต่ยังคงอยู่ภายใต้ งบประมาณ	5.2 ระบุขั้นตอนการสร้าง สิ่งประดิษฐ์และกำหนด วัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้ในการ สร้างอย่างคุ้มค่า มีราคา รวม เกินงบประมาณ
	5.3 สร้างสิ่งประดิษฐ์ได้ สอดคล้องกับแบบร่างที่ ได้เลือกไว้อย่างสมบูรณ์	5.3 สร้างสิ่งประดิษฐ์ได้สอดคล้อง กับแบบร่างที่ได้เลือกไว้เพียง บางส่วน	5.3 สร้างสิ่งประดิษฐ์ไม่ สอดคล้องกับแบบร่างที่ได้ เลือกไว้
5. การ ประเมินผล	6. ระบุขั้นตอนหรือ วิธีการตรวจสอบ ประสิทธิภาพการทำงาน ของสิ่งประดิษฐ์ได้อย่าง เหมาะสมและเขียนแสดง ขั้นตอนอย่างเป็นลำดับ ชัดเจน	6. ระบุขั้นตอนหรือวิธีการ ตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงาน ของสิ่งประดิษฐ์ได้อย่างเหมาะสม แต่เขียนแสดงขั้นตอนไม่เป็นลำดับ	6. ระบุขั้นตอนหรือวิธีการ ตรวจสอบประสิทธิภาพ การทำงานของสิ่งประดิษฐ์ ไม่เหมาะสมและเขียน เขียนแสดงขั้นตอนไม่เป็น ลำดับ
	7. ระบุข้อดี ข้อบกพร่อง และข้อเสนอแนะได้ สอดคล้องกับสิ่งประดิษฐ์ และเขียนข้อความถูกต้อง ชัดเจนทั้งสามข้อ	7. ระบุข้อดี ข้อบกพร่อง และ ข้อเสนอแนะได้สอดคล้องกับ สิ่งประดิษฐ์ โดยเขียนข้อความ ถูกต้องชัดเจนเพียงสองข้อ	7. ระบุข้อดี ข้อบกพร่อง และข้อเสนอแนะได้ สอดคล้องกับสิ่งประดิษฐ์ โดยเขียนข้อความถูกต้อง ชัดเจน เพียงข้อเดียว

ชื่อ _____ ชั้น _____ เลขที่ _____

ตัวอย่างแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา ระดับมัธยมศึกษาชั้นปีที่ 5

เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย

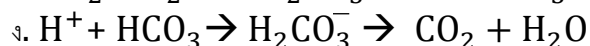
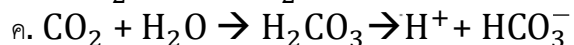
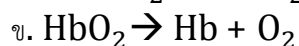
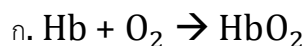
ครูผู้สอน อาทิตย์ ฉิมกุล

คำสั่ง ให้นักเรียนอ่านคำถามแล้วเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงข้อเดียว โดยฝนคำตอบด้วยดินสอ 2B หรือปากกาลงในกระดาษคำตอบ

1. ข้อใดกล่าวถูกต้องมากที่สุดเกี่ยวกับลักษณะสำคัญของโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของสิ่งมีชีวิต (ความจำ)

1. ไล่เดือนดินและแมลงสาบมีผิวหนังลำตัวที่เปียกชื้นในการแลกเปลี่ยนแก๊ส
2. อะมีบา พารามีเซียม และแมลงสาบจะแลกเปลี่ยนแก๊สผ่านเยื่อหุ้มเซลล์โดยตรง
3. การแลกเปลี่ยนแก๊สของแมลงปอเกิดขึ้นบริเวณปอดแผง
4. ปลาใช้เหงือกที่มีลักษณะเป็นซี่ ๆ เรียงกันเป็นแผง แต่ละแผงประกอบด้วยเซลล์ที่ห่อหุ้มด้วย หลอดเลือดฝอยใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส

5. ให้นักเรียนพิจารณาปฏิกิริยาเคมี ก-ง แล้วตอบคำถาม



จากข้อความ ก-ง ข้อใดกล่าวถูกต้องมากที่สุดเกี่ยวกับปฏิกิริยาเคมีในเซลล์เม็ดเลือดแดง (ความเข้าใจ)

1. ปฏิกิริยา ข และ ง เกิดขึ้นบริเวณเนื้อเยื่อ
2. ปฏิกิริยา ค และ ง เกิดขึ้นบริเวณเนื้อเยื่อ
3. ปฏิกิริยา ก และ ง เกิดขึ้นบริเวณถุงลมปอด
4. ปฏิกิริยา ก และ ข เกิดขึ้นบริเวณถุงลมปอด

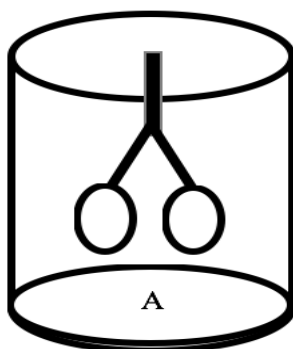
6. ให้นักเรียนอ่านสถานการณ์ต่อไปนี้ แล้วตอบคำถาม

สำนักข่าวแห่งหนึ่ง รายงานว่า พบเด็กอายุ 3 ขวบ เสียชีวิตในรถตู้ โดยไม่พบร่องรอยการทำร้าย ร่างกายหรือการต่อสู้แต่อย่างใด ซึ่งคนขับรถได้ให้การกับตำรวจว่า ตนได้เปิดเครื่องยนต์ทิ้งไว้ก่อนที่จะไป ทำธุระส่วนตัว โดยปล่อยให้เด็กนอนหลับในรถเพียงลำพังเป็นเวลากว่า 2 ชั่วโมง จากสถานการณ์นี้ คณะแพทย์สันนิษฐานว่า สาเหตุการเสียชีวิตน่าจะเกี่ยวข้องกับแก๊สพิษ ที่อาจรั่วไหลเข้าสู่รถยนต์

จากคำให้การของคนขับรถยนต์และข้อสันนิษฐานของคณะแพทย์ นักเรียนคิดว่า เด็กเสียชีวิตได้อย่างไร (การนำความรู้ไปใช้)

1. แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากท่อไอเสียไปยับยั้งการทำงานของไมโทคอนเดรียภายในเซลล์
2. แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากท่อไอเสียทำให้ฮีโมโกลบินจับกับแก๊สออกซิเจนได้จำนวนน้อยลง
3. แก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์จากท่อไอเสียไปละลายอยู่ในน้ำเลือด ทำให้เม็ดเลือดแดงไม่สามารถรับออกซิเจนได้
4. แก๊สซัลเฟอร์ไดออกไซด์จากท่อไอเสียไปยับยั้งการเคลื่อนที่ของเม็ดเลือดแดง ภายในหลอดเลือดฝอย

8. ในการปฏิบัติการทดลองศึกษาแบบจำลองปอดของมนุษย์ เมื่อดันลูกโป่งที่ซึ่งตั้ง (อักษร A) ใ้ยกขึ้น จะเกิดการเปลี่ยนแปลงกับลูกโป่งอย่างไร (กระบวนกรสืบสอบทางวิทยาศาสตร์)



1. ปริมาตรจะเพิ่มขึ้น ความดันจะลดลง
2. ปริมาตรจะลดลง ความดันจะเพิ่มขึ้น
3. ปริมาตรจะลดลง ความดันจะลดลง
4. ปริมาตรจะเพิ่มขึ้น ความดันจะเพิ่มขึ้น

13. การไหลเวียนสารของมนุษย์ เริ่มจากเลือดจากห้องหัวใจบนขวาไหลผ่านลิ้นหัวใจ A เข้าสู่ห้องหัวใจล่างขวา ไหลผ่านลิ้นหัวใจ B ผ่านหลอดเลือด C เข้าสู่ปอดเพื่อแลกเปลี่ยนแก๊ส เลือดจากปอดไหลผ่านหลอดเลือด D เข้าสู่ห้องหัวใจบนซ้าย อยากทราบว่า อักษร A B C และ D หมายถึงโครงสร้างใด ตามลำดับ (ความจำ)

ข้อ \ อักษร	A	B	C	D
1	ไตรคัสปิด	เซมิลูนาร์	พัลโมนารี อาร์เทอร์รี่	พัลโมนารี เวน
2	ไบคัสปิด	เซมิลูนาร์	พัลโมนารี เวน	พัลโมนารี อาร์เทอร์รี่
3	ไตรคัสปิด	ไบคัสปิด	พัลโมนารี อาร์เทอร์รี่	พัลโมนารี เวน
4	ไบคัสปิด	ไตรคัสปิด	พัลโมนารี เวน	พัลโมนารี อาร์เทอร์รี่

22. ให้นักเรียนพิจารณาการทดลองการเกิดปฏิกิริยาการตกตะกอนของแต่ละหมู่เลือด ดังในตารางต่อไปนี้

ตารางแสดงการเกิดปฏิกิริยาการตกตะกอนของแต่ละหมู่เลือด

หมู่เลือด	การทำปฏิกิริยากับน้ำยาตรวจหมู่เลือด		
	Antibody A	Antibody B	Antibody D
A Rh+	+	-	+
B Rh-	-	+	-
AB Rh+	+	+	+
O Rh-	-	-	-

ข้อความใดต่อไปนี้แปลความจากตารางได้ถูกต้องมากที่สุด (กระบวนการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์)

1. หมู่เลือด O ไม่เกิดปฏิกิริยาการตกตะกอนเมื่อหยด Antibody A กับ B
2. หมู่เลือด B Rh- เกิดปฏิกิริยาการตกตะกอนเมื่อหยด Antibody A และ D
3. หมู่เลือด A Rh+ เกิดปฏิกิริยาการตกตะกอนเมื่อหยด Antibody B และ D
4. หมู่เลือด AB เกิดปฏิกิริยาการตกตะกอนเมื่อหยด Antibody A กับ B และ D

37. ให้นักเรียนพิจารณาข้อความหลังอักษร A-D ต่อไปนี้

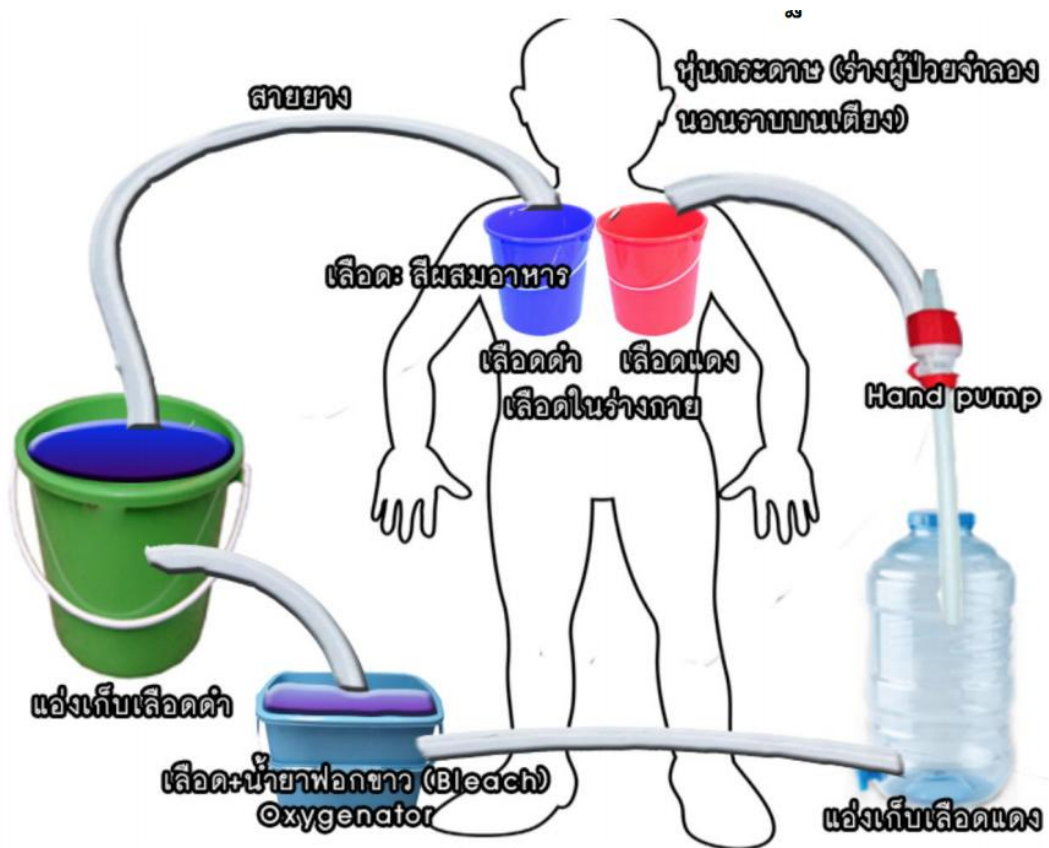
- A. การนำเชื้อโรคที่อ่อนแอแล้วมาฉีดเข้าร่างกาย
- B. การให้แอนติบอดีแก่ร่างกายโดยตรงเพื่อให้มีภูมิคุ้มกันขึ้นทันที
- C. การนำสารพิษหมดสภาพความเป็นพิษแล้วมาฉีดเข้าร่างกาย
- D. การที่ทารกได้รับภูมิคุ้มกันผ่านทางน้ำนมแม่

จากข้อความ A-D ข้อใดจับคู่อักษรกับประเภทของการสร้างภูมิคุ้มกันได้ถูกต้อง (ความเข้าใจ)

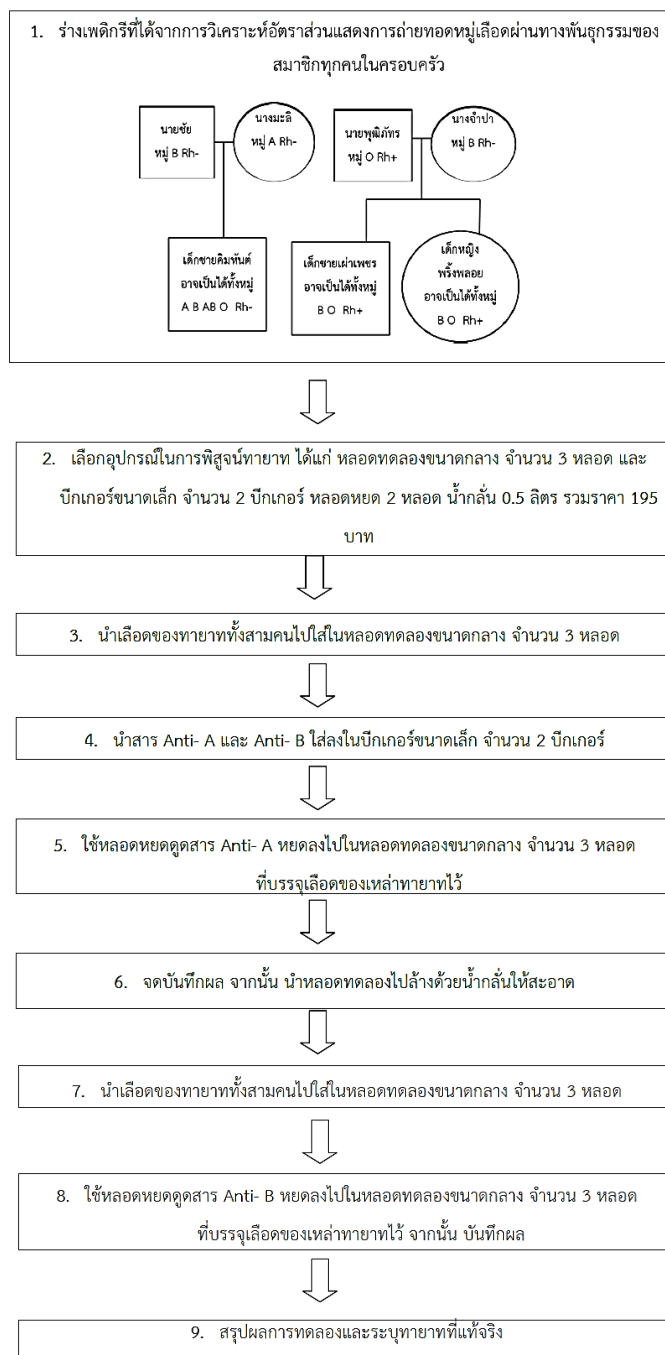
ข้อ/อักษร	ภูมิคุ้มกันตัวเอง	ภูมิคุ้มกันรับมา
1.	A C D	B
2.	C D	A B
3.	A C	B D
4.	B C	A D



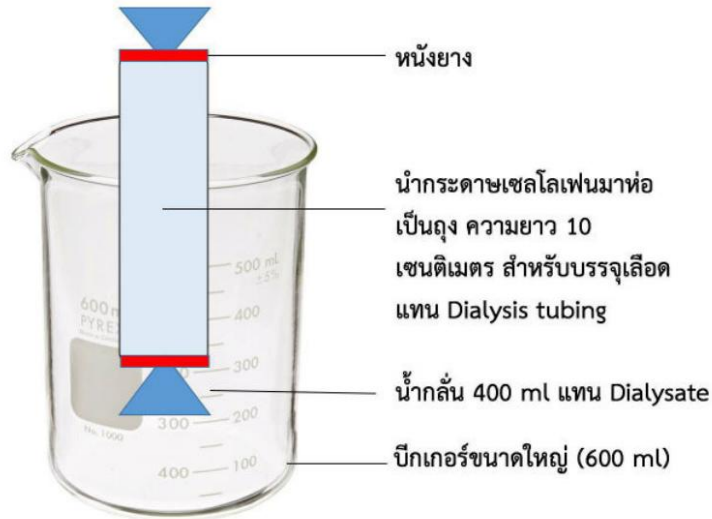
ตัวอย่างแบบร่างในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ แผนที่ 1



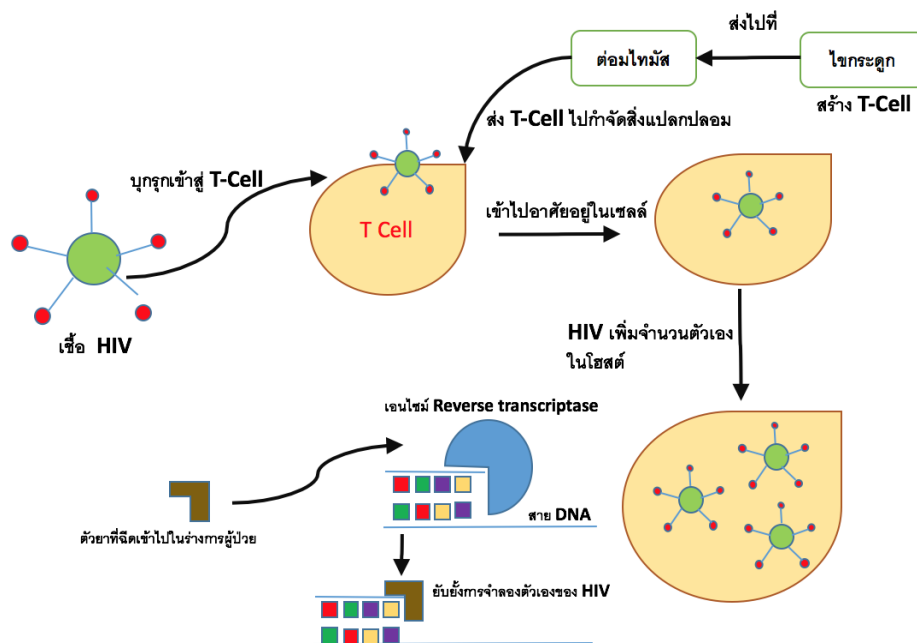
ตัวอย่างแบบร่างในการสร้างวิธีการ แผนที่ 2



ตัวอย่างแบบร่างในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ แผนที่ 3



ตัวอย่างแบบร่างในการสร้างวิธีการ แผนที่ 4



ภาคผนวก จ
ตัวอย่างการตอบคำถามในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหา



ตัวอย่างการตอบคำถามในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาในระดับดีมาก

1. จากสถานการณ์ เรื่อง วิศวกรฝึกหัดสร้างอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือด ปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไขใน สถานการณ์นี้คืออะไร

ตอบ เลือดไม่สามารถไหลเวียนในหลอดเลือดได้อย่างสะดวกเพราะมีไขมันอุดตัน

2. ในการสร้างอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือดของวิศวกรฝึกหัดนั้น มีข้อบกพร่องอะไรบ้างที่ทำให้ไม่สามารถแก้ไขปัญหาในข้อ 1 ได้

ตอบ การยึดติดระหว่างลูกโป่งกับอุปกรณ์ไม่แน่นและขนาดของลูกโป่งที่เล็กจึงไม่สามารถทำให้สายยางขยายตัวได้ดี นอกจากนี้การใช้หลอดดูดน้ำขนาดเล็กอาจทำให้ไม่มีความแข็งแรงในการสอดอุปกรณ์เข้าไปในสายยาง

3. หากนักเรียนเป็นวิศวกรฝึกหัดที่ต้องการอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือดขึ้นใหม่ในการแก้ปัญหานี้ นักเรียนสามารถระบุเกณฑ์ชี้วัดความสำเร็จของสิ่งประดิษฐ์และข้อจำกัดในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่บริษัทนี้ได้กำหนดไว้ อย่างไรบ้าง

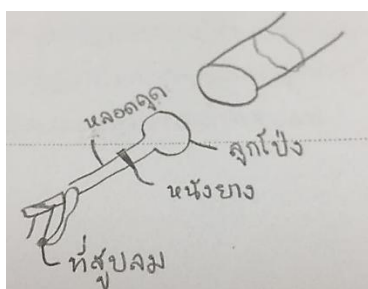
ตอบ เกณฑ์ คือ เมื่อรินน้ำลงไปนสายยางที่ผ่านการแก้ปัญหาด้วยอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือดแล้ว ความเร็วในการไหลจะไม่แตกต่างจากสายยางปกติ

ข้อจำกัด คือ วัสดุอุปกรณ์ที่มี งบประมาณ เวลา

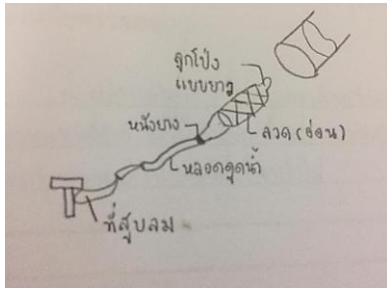
ข้อที่ 4. จากข้อบกพร่องของอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือดที่ระบุในข้อ 2 ให้นักเรียนนำเสนอแบบร่างอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือดแบบใหม่ มา 2 แบบ โดยวาดภาพร่างลงในพื้นที่ด้านล่างรวมทั้งระบุ ความแตกต่างระหว่างแบบใหม่และแบบเดิม

4.1 แบบร่างอุปกรณ์แบบที่ 1

ข้อแตกต่างจากแบบเดิม



ใช้หนังยาง 2 เส้นรัดลูกโป่งกับหลอด

4.2 แบบร่างแบบที่ 2	ข้อแตกต่างจากแบบเดิม
	ใช้หลอดดูดน้ำขนาดใหญ่
	ใช้ลูกโป่งแบบยาว
	ใช้หนังยาง 2 เส้นรัดลูกโป่งกับหลอด
	ใช้ที่สูบลมขนาดกลาง
	ใช้ลวดอ่อน

5. จากแบบร่างทั้ง 2 แบบที่นักเรียนได้วาดไว้ในข้อ 4 ให้นักเรียนเลือก 1 แบบ แล้วดำเนินการต่อไปนี้

5.1 นักเรียนเลือกใช้แบบร่างแบบใด รวมทั้งระบุเหตุผลที่เลือกแบบร่างนี้

ตอบ เลือกใช้แบบร่างที่ 2 เพราะการใช้หลอดดูดน้ำขนาดใหญ่จะมีความทนทานแข็งแรงเมื่อประกอบกับลูกโป่งขนาดยาวและใช้หนังยางรัดให้แน่นน่าจะสามารทำให้สายยางขยายตัวได้ดีขึ้น นอกจากนี้การใช้ลวดอ่อนมาดัดเป็นตาข่ายน่าจะเพิ่มความสามารถในการขยายตัวของสายยางได้ดีขึ้นเมื่อถูกสูบลมด้วยที่สูบลมขนาดกลาง

5.2 ระบุขั้นตอนการสร้างและวัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้ ลงในพื้นที่ด้านล่างนี้

ขั้นตอนการสร้าง	วัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้
1. สวมลูกโป่งขนาดยาวเข้ากับหลอดขนาดใหญ่	ลูกโป่งขนาดยาว
2. ใช้หนังยางรัดระหว่างลูกโป่งกับหลอดให้แน่น	หลอดขนาดใหญ่
3. สานและดัดลวดอ่อนให้เป็นตาข่ายแล้วหุ้มลูกโป่ง	หนังยาง
4. ต่อที่สูบลมขนาดกลางเข้าไปในหลอด	ลวดอ่อน
	ที่สูบลมขนาดกลาง

5.3 ให้นักเรียนลงมือสร้างอุปกรณ์ตามแบบร่างและขั้นตอนที่เลือกไว้

ข้อที่ 6. เมื่อนักเรียนสร้างอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือดเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ระบุขั้นตอนหรือวิธีการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงาน จากนั้นลงมือตรวจสอบ

การทดสอบอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือด 6 ขั้นตอน ดังนี้

1. นำอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือดที่สร้างขึ้นประกอบเข้ากับสายยาง
2. ทดสอบอุปกรณ์ด้วยการสูบลมเข้าลูกลงจำนวน 1 ครั้ง และวัดขนาดการขยายตัวของสายยาง
3. ดำเนินการตามขั้นตอนที่ 2 จนเห็นว่าสายยางขยายตัวมากพอแล้ว
4. ดำเนินการรินน้ำจำนวน 1 ลิตร ให้ไหลผ่านเข้าไปในสายยาง พร้อมบันทึกระยะเวลาที่ใช้ในการไหลตั้งแต่เริ่มรินจนน้ำหมด
5. สรุปผลว่า อุปกรณ์ดังกล่าวช่วยให้สายยางขยายตัวเพียงพอที่จะนำไหลผ่านสายยางน้อยกว่าหรือเท่ากับ 20 วินาทีหรือไม่
6. จากข้อ 5 ถ้าอุปกรณ์ยังไม่สามารถแก้ปัญหาได้บรรลุเป้าหมายตามเกณฑ์ ให้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขจนกว่าจะสำเร็จ

ข้อที่ 7. จากการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือดที่นักเรียนสร้างขึ้น ให้นักเรียนระบุข้อดี ข้อบกพร่องและเสนอแนะสำหรับการสร้างครั้งต่อไป

ข้อดี อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นมีความแข็งแรงดี สามารถบรรจุเข้ากับสายยางโดยไม่ชำรุดระหว่างทาง รวมทั้งลูกลงแบบยาวที่ประกอบร่วมกับลวดตาข่าย สามารถขยายสายยางได้ขนาดที่เพียงพอที่น้ำจะไหลผ่านภายในระยะที่กำหนดไว้ตามเกณฑ์

ข้อบกพร่อง เมื่อใช้อุปกรณ์นี้ในการแก้ปัญหามากกว่า 1 ครั้ง ลวดตาข่ายจะไม่คืนตัวกลับมาเป็นสภาพเดิม ทำให้อุปกรณ์สามารถใช้ได้แค่ครั้งเดียว รวมทั้งลูกลงจะสูญเสียความยืดหยุ่นด้วย ถ้าหากมีการใช้อุปกรณ์นี้หลาย ๆ ครั้ง

ข้อเสนอแนะ คือ อาจมีการเลือกใช้ลูกลงคุณภาพดีขึ้น หรือมีรูปทรงอื่นๆ มาใช้ในการสร้างอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือด นอกจากนี้อาจใช้วัสดุอื่นมาทดแทนลวด เช่น เอ็นตกปลา ลวดดัดก้านดอกไม้ประดิษฐ์ อาจจะทำให้อุปกรณ์สามารถแก้ปัญหาได้หลายครั้ง โดยไม่ชำรุดหรือเสียคุณภาพ

ตัวอย่างการตอบคำถามในแบบวัดความสามารถในการแก้ปัญหาในระดับดี

1. จากสถานการณ์ เรื่อง วิศวกรฝึกหัดสร้างอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือด ปัญหาที่ต้องได้รับการแก้ไขใน สถานการณ์นี้ คืออะไร

ตอบ เลือดไม่สามารถไหลผ่านหลอดเลือดได้เนื่องจากมีสิ่งอุดตัน

2. ในการสร้างอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือด ของวิศวกรฝึกหัดนั้น มีข้อบกพร่องอะไรบ้าง ที่ทำให้ไม่สามารถแก้ไขปัญหาในข้อ 1 ได้

ตอบ อุปกรณ์ไม่มีความแข็งแรงโดยเฉพาะการรั่วระหว่างลูกโป่งกับหลอดเลือด

3. หากนักเรียนเป็นวิศวกรฝึกหัดที่ต้องการอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือด ขึ้นใหม่ในการแก้ปัญหานี้ นักเรียนสามารถระบุเกณฑ์ชี้วัดความสำเร็จของสิ่งประดิษฐ์และข้อจำกัดในการสร้างสิ่งประดิษฐ์ที่บริษัทนี้ได้กำหนดไว้ อย่างไรบ้าง

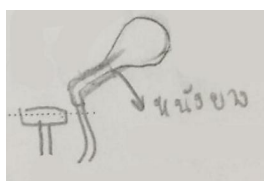
ตอบ เกณฑ์ คือ ความเร็วในการไหลจะไม่แตกต่างจากสายยางปกติ

ข้อจำกัด คือ งบประมาณและเวลาที่ใช้ในการสร้างสิ่งประดิษฐ์

ข้อที่ 4. จากข้อบกพร่องของอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือด ที่ระบุในข้อ 2 ให้นักเรียนนำเสนอแบบร่างอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือดแบบใหม่ มา 2 แบบ โดยวาดภาพร่างลงในพื้นที่ด้านล่าง รวมทั้งระบุความแตกต่างระหว่างแบบใหม่และแบบเดิม

4.1 แบบร่างอุปกรณ์แบบที่ 1

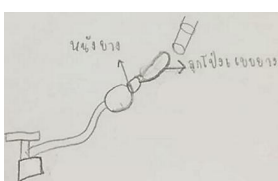
ข้อแตกต่างจากแบบเดิม



ใช้หนังยาง 2 เส้น

4.2 แบบร่างอุปกรณ์แบบที่ 2

ข้อแตกต่างจากแบบเดิม



ใช้ลูกโป่งแบบยาว

ใช้หนังยาง 2 เส้น

ใช้ที่สูบลมขนาดกลาง

5. จากแบบร่างทั้ง 2 แบบที่นักเรียนได้วาดไว้ในข้อ 4 ให้นักเรียนเลือก 1 แบบ แล้วดำเนินการต่อไปนี้

5.1 นักเรียนเลือกใช้แบบร่างแบบใด พร้อมทั้ง ระบุเหตุผลที่เลือกแบบร่างนี้

ตอบ เลือกใช้แบบร่างที่ 2 เพราะการใช้ลูกโป่งแบบยาวทำให้สายยางขยายตัวได้ดีกว่าลูกโป่งกลม และมีการใช้ที่สูบลมขนาดกลางซึ่งมีแรงลมที่มากพอในการทำสายยางขยายตัว

5.2 ให้นักเรียนระบุขั้นตอนการสร้างและวัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้ ลงในพื้นที่ด้านล่างนี้

ขั้นตอนการสร้าง	วัสดุ/อุปกรณ์ที่ใช้
<ol style="list-style-type: none"> นำหลอดขนาดเล็กต่อกับลูกโป่งแบบยาว ใช้หนังยางรัด นำที่สูบลมมาต่อเข้ากับหลอดเพื่อเตรียมสูบลม 	ลูกโป่งแบบยาว หนังยาง ที่สูบลมขนาดกลาง

5.3 ให้นักเรียนลงมือสร้างอุปกรณ์ตามแบบร่างและขั้นตอนที่เลือกไว้

ข้อที่ 6. เมื่อนักเรียนสร้างอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือดเสร็จเรียบร้อยแล้ว ให้ระบุขั้นตอนหรือวิธีการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงาน จากนั้นลงมือตรวจสอบ

การทดสอบอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือด 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. สูบลมเข้าลูกโป่งเพื่อให้สายยางขยายตัว
2. สังเกตว่าสายยางขยายตัวหรือไม่
3. นำน้ำเทลงไปในสายยางเพื่อพิจารณาการไหลของน้ำในสายยาง
4. บันทึกระยะเวลาการไหลของน้ำ

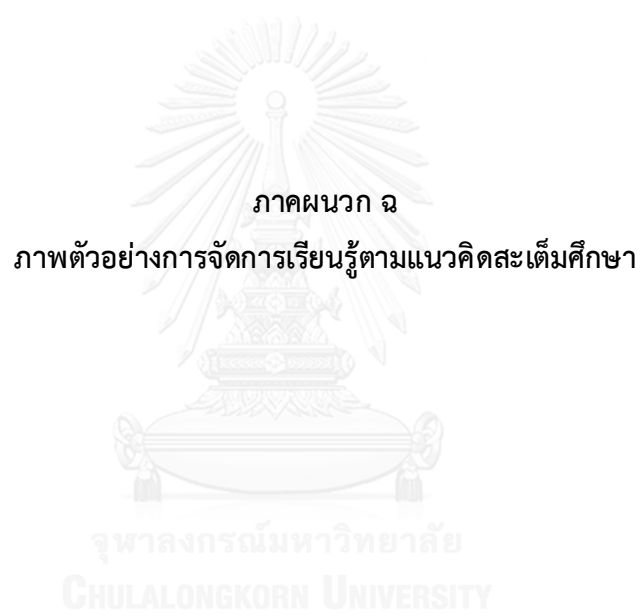
ข้อที่ 7. จากการตรวจสอบประสิทธิภาพการทำงานของอุปกรณ์กำจัดไขมันในหลอดเลือดที่นักเรียนสร้างขึ้น ให้นักเรียนระบุข้อดี ข้อบกพร่องและเสนอแนะสำหรับการสร้างครั้งต่อไป

ข้อดี อุปกรณ์ที่สร้างขึ้นสามารถแก้ปัญหาได้ โดยทำให้น้ำไหลผ่านสายอย่างน้อยว่า 20 วินาที

ข้อบกพร่อง คือ การปั๊มลูกโป่งโดยใช้ที่สูบลมต้องปั๊มหลายครั้งกว่าลูกโป่งจะพองและทำให้สายยางขยายตัว ทำให้เสียเวลา

ข้อเสนอแนะ คือ อาจมีการเพิ่มความเร็วในการสูดลมเพื่อทำให้สายยางขยายตัวเร็ว







ภาพ กิจกรรมการสร้างอุปกรณ์ช่วยลำเลียงเลือดไปฟอกที่ปอด

ตามหาทายาท

The Heirs หุด♥หายาก...

พ.ล(♂) Rh⁺ พ.ง(♂) Rh⁻

ค.พ.น.ก. ♀ (Rh⁻)

พ.ล.ค. (♂) Rh⁺ พ.ก. (♀) Rh⁻

พ.ล.ค. ♀ (Rh⁻) พ.ก. (♂) Rh⁺

วิธีพิสูจน์ทายาท

- 1) ทราบว่าเป็นลูกของ **มารี** และ **นายชัย** เท่านั้น เนื่องจาก (Rh⁺) × (Rh⁻) คือได้ (Rh⁻) เท่านั้น
- 2) ทราบด้วยวิธีอื่นได้ว่าลูกของ **มารี** และ **นายชัย** ควรจะมี Rh⁻ เท่านั้นที่สัมพันธ์
- 3) ถ้ามี Rh⁺ เป็นพี่น้อง เช่น **Rh⁻** เป็นพี่น้องด้วย

AA	x	aa
Aa		100%
Aa	x	aa
Aa		Aa aa

ข้อควรระวัง: Rh⁻ มีคนเป็นได้มากกว่า Rh⁺ และอาจมี Rh⁺ ที่เป็นลูกของพ่อแม่ที่มี Rh⁻ เป็นพ่อแม่ได้

สถานที่ตรวจหาทายาท

- 1) สถานีตำรวจนครบาล
- 2) สถานีตำรวจภูธร

Case I ตรวจหา Rh⁻ จากพ่อแม่

Case II ตรวจหา Rh⁻ จากพ่อแม่และลูก

สุทธศรี 2 และ 3 จะมีโอกาสเป็นทายาทได้

สรุปกรณี

- มี 0 คน

ตามหาทายาท

เหตุการณ์

A⁻มารี ♥ ซิ่ง B⁺ B⁺จำปา ♥ พุศสิริภัทร O⁺

ธช. ดิมา ห้างต้า⁻ ด.ญ. พริ้งพลอย ด.ช. เพชรเพชร⁺

พุศสิริภัทรคิดว่าดิมาหนีพ่อต้องไปหาลูกชายเลข มอบนามหาให้ดูจนหมดสตางค์สองงบบ 300 ฿ ได้บอจากน้องบ แผลือ 100 ฿ และหลาของพุศสิริภัทรจะตามสืบ

อุปกรณ์ + ข้อมูลคดีพิท

- สารตรวจเลือด (Anti A, Anti B, Anti Rh) 50 ml
- งบประมาณประจําหมู่บ้าน 300 ฿
- ทีมแพทย์ประจําหมู่บ้าน 5 คน

วิธีที่ 1 (Check จากข้อมูล)

- พริ้งพลอย (Rh⁺) แปลว่า มี Antigen Rh
- ใน chromosome ของเม็ดเลือดแดง มี 2 แท่ง โดยมรล แลเรซ (Rh⁻) ไม่มี Antigen Rh
- ตั้งให้ลูกของมรล แลเรซซึ่งจะไม่สามารถมี Antigen Rh ได้
- จึงสรุปได้ว่าพริ้งพลอยเป็นลูกของจำปา แลเรพุศสิริภัทรถูกแล้ว
- งบประมาณ 0 ฿
- หลาจะปลอดภัยเพราะแม่เป็น Rh⁺

ภาพ ผลงานการออกแบบวิธีการตามหาทายาทโดยอาศัยความรู้หมู่เลือด



ภาพ กิจกรรมการสร้างอุปกรณ์กรองเลือด

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

นายอาทิตย์ ฉิมกุล เกิดวันที่ 5 กรกฎาคม พ.ศ. 2535 ภูมิลำเนาจังหวัดกรุงเทพมหานคร สำเร็จการศึกษาวิทยาศาสตร์บัณฑิต ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2556 และเข้าศึกษาต่อในหลักสูตรครุศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2557 และได้รับทุนการศึกษาและการทำวิจัยจากโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) จากสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

