การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบเรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด

น.ส.พิณภัทรา เวทย์วิทยานุวัฒน์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์ ภาควิชาหลักสูตรและการสอน
คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ปีการศึกษา 2562
ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

DEVELOPMENT OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS' SYSTEMS THINKING ABILITIES IN HUMAN BODY SYSTEMS USING 5E LEARNING CYCLE AND CONCEPT-LINKING GRAPHIC ORGANIZER

Miss Pinpattra Wetvitayanuwat

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Education in Science Education
Department of Curriculum and Instruction
FACULTY OF EDUCATION
Chulalongkorn University
Academic Year 2019

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์	การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบเรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด
โดย	น.ส.พิณภัทรา เวทย์วิทยานุวัฒน์
สาขาวิชา	การศึกษาวิทยาศาสตร์
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก	ดร.สลา สามิภักดิ์

คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้นับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาครุศาสตรมหาบัณฑิต

..... คณบดีคณะครุศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.ศิริเดช สุชีวะ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

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

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก
(ดร.สลา สามิภักดิ์)

..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

พิณภัทรา เวทย์วิทยานุวัฒน์ : การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบเรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด. (DEVELOPMENT OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS' SYSTEMS THINKING ABILITIES IN HUMAN BODY SYSTEMS USING 5E LEARNING CYCLE AND CONCEPT-LINKING GRAPHIC ORGANIZER) อ.ที่ปรึกษาหลัก : ดร.สลา สามิภักดิ์

การวิจัยครั้งนี้เป็นการทดลองเบื้องต้น มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์พัฒนาการความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับการใช้ผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนขนาดใหญ่ แห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กระทรวงศึกษาธิการ ในเขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 1 ห้องเรียน (25 คน) การวิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 โดยมีเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวมข้อมูล คือ (1) แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด และ (2) แบบประเมินการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ จำนวน 5 แบบประเมิน ที่ใช้ในการตรวจผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบของนักเรียนที่ตอบคำถามสำคัญเกี่ยวกับ ระบบหมุนเวียนเลือด ระบบหายใจ ระบบขับถ่าย ระบบประสาท และหัวข้อประยุกต์หลายระบบภายในร่างกาย ตามลำดับ วิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คะแนนที และร้อยละคะแนนพัฒนาการ

ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบเรื่อง การประยุกต์รวมระบบร่างกายมนุษย์ อยู่ในระดับปานกลาง ระบบร่างกายที่นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงระบบระดับสูง คือ ระบบหมุนเวียนเลือด ระบบร่างกายที่นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงระบบระดับปานกลาง คือ ระบบหายใจ และระบบขับถ่าย และระบบร่างกายที่นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงระบบระดับต่ำ คือ ระบบประสาท เมื่อพิจารณาพัฒนาการความสามารถในการคิดเชิงระบบที่คำนวณค่าพัฒนาการเปรียบเทียบระหว่างเรื่อง ระบบหายใจ และการประยุกต์รวมระบบร่างกายมนุษย์ พบว่านักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงระบบสูงขึ้นจำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 56.00 และนักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงระบบลดลงจำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 44.00

สาขาวิชา การศึกษาวิทยาศาสตร์ ลายมือชื่อนิสิต .....

ปีการศึกษา 2562 ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก .....

6083340727 : MAJOR SCIENCE EDUCATION

KEYWORD: Systems thinking, Human body systems, 5E learning cycle, graphic organization

Pinpattra Wetvitayanuwat : DEVELOPMENT OF LOWER SECONDARY SCHOOL STUDENTS' SYSTEMS THINKING ABILITIES IN HUMAN BODY SYSTEMS USING 5E LEARNING CYCLE AND CONCEPT-LINKING GRAPHIC ORGANIZER. Advisor: Sara Samiphak, Ph.D.

This research was a pre-experimental design. The purpose of this study was to analyze the development of lower secondary school students' systems thinking abilities in human body systems after learning the topic with 5E learning cycle and concept-linking graphic organizer. The samples included 25 eighth grade students from a large sized school under the Secondary Educational Service Area Office 2, Ministry of Education, Bangkok. Data were collected during the first semester of 2019 academic year. The research data collection instruments included (1) the human systems lesson plans that incorporated 5E learning cycle and concept-linking graphic organizer; and (2) five assessment forms to evaluate systems thinking of the students based on their answers to the critical questions about the circulatory system, the respiratory system, the excretory system, the nervous system and the integration of multiple systems within the human body. The collected data were analyzed by arithmetic mean, mean percentage, standard deviation, T-score and percentage increase.

Overall, the results of the research showed that most of the students developed medium-level systems thinking abilities on the integration of multiple systems within the human body. Considering each of the lessons, the lesson on which most of the students had high-level systems thinking abilities was the circulatory system. The lessons on which most students had medium-level systems thinking abilities were the respiratory system and the excretory system. Additionally, the nervous system was the only lesson that most students showed low-level systems thinking abilities. Considering the students' development of systems thinking abilities using the percentage increase of the scores for the respiratory system and for the integration of multiple systems within the human body, fourteen students (55 percent of the total sample) improved their systems thinking abilities; while eleven students (44 percent of the total sample) showed a decrease in their systems thinking abilities.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Field of Study: Science Education Student's Signature .....

Academic Year: 2019 Advisor's Signature .....

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงได้ด้วยดี เนื่องมาจากความกรุณาและความช่วยเหลืออย่างดียิ่งจาก อาจารย์ ดร.สลา สามิภักดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ด้วยการให้คำแนะนำและข้อคิดต่าง ๆ อันเป็นประโยชน์และมีคุณค่าต่อการวิจัยและการศึกษาในระดับบัณฑิตศึกษา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งในความปรารถนาดีที่ได้รับ จึงขอขอบพระคุณอาจารย์ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ และผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สกลรัชต์ แก้วดี กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาให้คำแนะนำและข้อเสนอแนะในการปรับปรุงวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ให้มีความถูกต้องสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น รวมถึงคณาจารย์ผู้ทรงคุณวุฒิทุกท่านที่ได้กรุณาตรวจสอบ และให้ข้อเสนอแนะในการพัฒนาเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณบิดา มารดา และครอบครัวเป็นอย่างสูงที่ดูแล ห่วงใย ให้กำลังใจ และสนับสนุนการศึกษาของผู้วิจัยตลอดมา

ทั้งนี้ ผู้วิจัยขอขอบคุณทุนอุดหนุนการศึกษาระดับบัณฑิตศึกษาจากบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เพื่อเฉลิมฉลองวโรกาสที่พระบาทสมเด็จพระเจ้าอยู่หัวภูมิพลอดุลยเดชทรงเจริญพระชนมายุครบ 72 พรรษา ผู้วิจัยจึงขอขอบพระคุณบัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย เป็นอย่างสูง

พิณภัทรา เวทย์วิทยานุวัฒน์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย ..... ค

บทคัดย่อภาษาอังกฤษ ..... ง

กิตติกรรมประกาศ ..... จ

สารบัญ ..... ฉ

สารบัญตาราง ..... ฌ

สารบัญภาพ ..... ฏ

บทที่ 1 บทนำ 1

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา 1

คำถามวิจัย 5

วัตถุประสงค์การวิจัย 5

สมมติฐานการวิจัย 5

ขอบเขตการวิจัย 6

นิยามเชิงปฏิบัติการ 7

บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 9

1. ระบบ 10

1.1 ความหมายของระบบ 10

1.2 ลักษณะของระบบ 10

2. การคิดเชิงระบบ 11

2.1 ความเป็นมาของการคิดเชิงระบบ 11

2.2 ความสำคัญของการคิดเชิงระบบ 12

2.3 ความหมายของการคิดเชิงระบบ 13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.4 องค์ประกอบของการคิดเชิงระบบ 13
2.5 แนวทางการวัดและประเมินการคิดเชิงระบบ 16
3. วัฏจักรการเรียนรู้ 5E 29
3.1 ทฤษฎีสนับสนุนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E 30
3.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E 30
3.3 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E 32
4. การใช้ผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด 34
4.1 กราฟเส้นแสดงการเปลี่ยนแปลงตามเวลา 35
4.2 ผังวงจรเชิงสาเหตุ 36
4.3 ผังมโนทัศน์ 37
5. การวิเคราะห์เนื้อหา เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ 39
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง 43
6.1 งานวิจัยในประเทศ 43
6.2 งานวิจัยต่างประเทศ 45
กรอบแนวคิดการวิจัย 48
บทที่ 3 วิธีดำเนินการวิจัย 49
รูปแบบการวิจัย 49
กลุ่มที่ศึกษา 50
การเลือกโรงเรียน 50
การเลือกกลุ่มที่ศึกษา 50
การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 50
การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล 64
การเตรียมนักเรียนก่อนการทดลอง 65
การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการทดลอง 65

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การวิเคราะห์ข้อมูล 65
จริยธรรมการวิจัย 66
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล 67
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ 97
สรุปผลการวิจัย 97
อภิปรายผลการวิจัย 98
ข้อเสนอแนะ 100
บรรณานุกรม 103
รายการภาคผนวก 107
ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ 108
ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 109
ภาคผนวก ค คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย 132
ประวัติผู้เขียน 148

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญตาราง

หน้า

ตารางที่ 1 องค์ประกอบและลำดับขั้นของการคิดเชิงระบบตามรูปแบบผสานรวม (Raved & Yarden, 2014) 15

ตารางที่ 2 ประเด็นการพิจารณาและเกณฑ์การให้คะแนนผังมโนทัศน์ของ Cronin et al. (1982) .. 17

ตารางที่ 3 เกณฑ์การวิเคราะห์ผังมโนทัศน์โดยใช้ Unified model แสดงถึงลักษณะของการคิด เชิงระบบในการศึกษาชีววิทยา (Raved & Yarden, 2014) 23

ตารางที่ 4 รูปแบบกรอบปฏิสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ (Raved & Yarden, 2014) 24

ตารางที่ 5 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E (Llewellyn, 2005) 32

ตารางที่ 6 มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลางที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) 39

ตารางที่ 7 คำถามสำคัญหรือสถานการณ์ปัญหาในการสร้างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ 51

ตารางที่ 8 คะแนนเต็มและคะแนนในแต่ละองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบที่วิเคราะห์มาจาก 53

ตารางที่ 9 คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและการแก้ไขแบบประเมินการคิดเชิงระบบ 54

ตารางที่ 10 ประเด็นปัญหาที่พบในการตรวจให้คะแนนและการปรับปรุงแก้ไข 56

ตารางที่ 11 บทบาทครูและนักเรียนในแต่ละขั้นตอนของแผนการจัดการเรียนรู้ 57

ตารางที่ 12 จำนวนแผนการจัดการเรียนรู้และจำนวนคาบเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ 59

ตารางที่ 13 การใช้ผังมโนทัศน์เชื่อมโยงความคิดในการจัดการเรียนรู้แต่ละหัวข้อ 61

ตารางที่ 14 คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ 63

ตารางที่ 15 ประเด็นปัญหาที่พบในการทดลองใช้แผนและการปรับปรุงแก้ไข 64

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนแผนผังมโนทัศน์และระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา (n=25) 68
ตารางที่ 17 คะแนนทีความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด..... 68
ตารางที่ 18 เกณฑ์ระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบ 69
ตารางที่ 19 คะแนนทีความสามารถในการระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด..... 72
ตารางที่ 20 เกณฑ์ระดับความสามารถในการระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบ..... 73
ตารางที่ 21 คะแนนทีความสามารถในการระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ... 73
ตารางที่ 22 เกณฑ์ระดับความสามารถในการระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน..... 74
ตารางที่ 23 คะแนนทีความสามารถในการระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด..... 74
ตารางที่ 24 เกณฑ์ระดับความสามารถในการระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการ 75
ตารางที่ 25 คะแนนที่ความสามารถในการจัดกรอบปฏิสัมพันธ์ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด..... 75
ตารางที่ 26 เกณฑ์ระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบ..... 76
ตารางที่ 27 จำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด 76
ตารางที่ 28 ค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนแผนผังมโนทัศน์และระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหายใจ ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา (n=25) 77
ตารางที่ 29 คะแนนทีความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหายใจ 78
ตารางที่ 30 จำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถ เรื่อง ระบบหายใจ 81
ตารางที่ 31 ค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนแผนผังมโนทัศน์และระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบขับถ่าย ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา (n=25)..... 82
ตารางที่ 32 คะแนนทีความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบขับถ่าย 82
ตารางที่ 33 จำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถ เรื่อง ระบบขับถ่าย 85
ตารางที่ 34 ค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนแผนผังมโนทัศน์และระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบประสาท ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา (n=25) 86

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 35 คะแนนทีความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบประสาท 86

ตารางที่ 36 จำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถ เรื่อง ระบบประสาท 89

ตารางที่ 37 ค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนแผนผังมโนทัศน์และระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบเรื่อง การประยุกต์รวมระบบในร่างกายมนุษย์ ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา (n=25)..... 90

ตารางที่ 38 คะแนนทีความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง การประยุกต์รวมระบบในร่างกายมนุษย์ 90

ตารางที่ 39 จำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถ เรื่อง การประยุกต์รวมระบบร่างกายมนุษย์ 92

ตารางที่ 40 ระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนรายบุคคลในแต่ละหัวข้อ..... 93

ตารางที่ 41 คะแนนพัฒนาการความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนรายบุคคล..... 95

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สารบัญภาพ

หน้า

ภาพที่ 1 ตัวอย่างการให้คะแนนผังมโนทัศน์ (Gowin & Novak, 1984) 19

ภาพที่ 2 ประเด็นในการตรวจผังมโนทัศน์ (Cronin et al., 1982; Gowin & Novak, 1984)..... 20

ภาพที่ 3 รายละเอียดส่วนประกอบของแบบประเมินการคิดเชิงระบบ (อิทธิศักดิ์ ศิริจันทร์, 2559) . 25

ภาพที่ 4 ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ (อิทธิศักดิ์ ศิริจันทร์, 2559) 26

ภาพที่ 5 เกณฑ์การให้คะแนนผังมโนทัศน์ เรื่อง ต่อมไร้ท่อ ที่นักเรียนสร้างขึ้นรายบุคคล (อิทธิศักดิ์ ศิริจันทร์, 2559) 27

ภาพที่ 6 แสดงเกณฑ์ระดับความสามารถและช่วงคะแนน (อิทธิศักดิ์ ศิริจันทร์, 2559)..... 28

ภาพที่ 7 แสดงเกณฑ์ระดับความสามารถและช่วงคะแนน (ชนาธิป โหตรภวานนท์, 2559) 29

ภาพที่ 8 กราฟเส้นแสดงการเปลี่ยนแปลงตามเวลาแสดงปริมาณปัสสาวะหลังจากดื่มน้ำจำนวนมาก 36

ภาพที่ 9 ผังวงจรเชิงสาเหตุเกี่ยวกับคาเฟอีน (สารไดยูเรติก) ที่มีผลต่อการขับปัสสาวะ..... 37

ภาพที่ 10 องค์ประกอบของผังมโนทัศน์ (Cañas et al., 2007; Novak, 2002)..... 38

ภาพที่ 11 ผังมโนทัศน์เกี่ยวกับโครงสร้างของหน่วยไต..... 39

ภาพที่ 12 รูปแบบการวิจัยแบบ one-group posttest only design..... 49

ภาพที่ 13 คะแนนที่ความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ของนักเรียนรายบุคคลในแต่ละระดับความสามารถ..... 70

ภาพที่ 14 ตัวอย่างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ของนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับสูง..... 70

ภาพที่ 15 ตัวอย่างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ของนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับปานกลาง 71

ภาพที่ 16 ตัวอย่างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ของนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับต่ำ..... 71

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาพที่ 17 คะแนนทีความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหายใจ ของนักเรียนรายบุคคลในแต่ละระดับความสามารถ 78

ภาพที่ 18 ตัวอย่างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหายใจ ของนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับสูง 79

ภาพที่ 19 ตัวอย่างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหายใจ ของนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับปานกลาง 80

ภาพที่ 20 ตัวอย่างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหายใจ ของนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับต่ำ 80

ภาพที่ 21 คะแนนทีความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบขับถ่าย ของนักเรียนรายบุคคลในแต่ละระดับความสามารถ 83

ภาพที่ 22 ตัวอย่างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบขับถ่าย ของนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับสูง 83

ภาพที่ 23 ตัวอย่างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบขับถ่าย ของนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับปานกลาง 84

ภาพที่ 24 คะแนนทีความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบประสาท ของนักเรียนรายบุคคลในแต่ละระดับความสามารถ 87

ภาพที่ 25 ตัวอย่างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหายใจ ของนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับสูงมาก 88

ภาพที่ 26 ตัวอย่างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหายใจ ของนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับปานกลาง 88

ภาพที่ 27 ตัวอย่างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหายใจ ของนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับต่ำ 88

ภาพที่ 28 คะแนนทีความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง การประยุกต์รวมระบบในร่างกายมนุษย์ของนักเรียนรายบุคคลในแต่ละระดับความสามารถ 91

ภาพที่ 29 ตัวอย่างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง การประยุกต์รวมระบบร่างกายมนุษย์ ของนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับสูงมาก 92

ภาพที่ 30 ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น 110

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 31 ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหายใจ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น.....110
ภาพที่ 32 ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบขับถ่าย ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น.....111
ภาพที่ 33 ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบประสาท ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น 111
ภาพที่ 34 ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง การประยุกต์รวมเนื้อหาของทุกระบบ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น
.....112

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

เป้าหมายของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ นอกเหนือจากการจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนมีความรู้ เข้าใจหลักการและทฤษฎีที่เป็นพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์แล้ว ยังให้ความสำคัญกับการส่งเสริมให้นักเรียนพัฒนาทักษะกระบวนการคิด การเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะในการค้นคว้า สร้างความรู้และสามารถแก้ปัญหาที่หลากหลายได้ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2549) สอดคล้องกับหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 ซึ่งกำหนดสมรรถนะสำคัญของนักเรียน ได้แก่ ความสามารถในการสื่อสาร ความสามารถในการคิด ความสามารถในแก้ปัญหา ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต และความสามารถในการใช้เทคโนโลยี (กระทรวงศึกษาธิการ, 2553) สมรรถนะด้านการคิดเป็นสมรรถนะที่สำคัญ การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ต้องส่งเสริมให้นักเรียนได้พัฒนาการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ เนื่องจากการคิดเหล่านี้ช่วยนำไปสู่การสร้างความรู้หรือสารสนเทศ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2549) เพื่อให้นักเรียนสามารถแก้ปัญหาหรือตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองอย่างเหมาะสม (Hogan, 2000)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นอกจากสมรรถนะการคิดตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานแล้ว การคิดเชิงระบบ (Systems thinking) ซึ่งเป็นกระบวนการคิดแบบองค์รวม (Senge, 1990) ที่นักเรียนต้องเข้าใจและวิเคราะห์องค์ประกอบและความสัมพันธ์ภายในระบบที่มีความซับซ้อน (Evagorou, Korfiatis, Nicolaou, & Constantinou, 2009) ตลอดจนสร้างกรอบความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบภายในระบบ (Raved & Yarden, 2014) การคิดเชิงระบบเป็นการคิดที่ได้รับความสนใจในปัจจุบันเช่นเดียวกัน (Boersma, Waarlo, & Klaassen, 2011) เนื่องจากเป็นทักษะทางปัญญาที่สำคัญสำหรับนักเรียนในศตวรรษที่ 21 เพราะการคิดเชิงระบบเน้นการมองแบบองค์รวมและพิจารณาความเชื่อมโยงขององค์ประกอบต่าง ๆ ตลอดจนความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลที่ส่งผลกระทบต่อกัน (ฤทัยรัตน์ ชิดมงคล และสมยศ ชิดมงคล, 2560) นักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบสามารถมองลึกไปเกินกว่าเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นและเป็นการมองให้เห็นถึงโครงสร้างของเหตุการณ์

ซึ่งจะช่วยให้บุคคลมีความเข้าใจปัญหาและโครงสร้างของปัญหาที่มีความซับซ้อน และนำไปสู่การตัดสินใจแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม โดยเป็นการแก้ปัญหาที่ไม่ส่งผลกระทบให้เกิดปัญหาใหม่หรือไม่ทำให้ปัญหาเดิมที่มีอยู่รุนแรงกว่าเดิม (Hogan, 2000) นอกจากนี้การคิดเชิงระบบเป็นส่วนหนึ่งของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ซึ่งจะช่วยให้แต่ละบุคคลสามารถสร้างข้อสรุปที่น่าเชื่อถือจากการสร้างความเข้าใจอย่างลึกซึ้งเกี่ยวกับโครงสร้างของสิ่งนั้น (Plate & Monroe, 2014)

การคิดเชิงระบบประกอบด้วยองค์ประกอบย่อย ๆ จากการศึกษางานวิจัยพบว่ามีรูปแบบที่ใช้ในการอธิบายการคิดเชิงระบบในหลากหลายรูปแบบ Hmelo-Silver, Marathe, and Liu (2007) ได้เสนอรูปแบบ Structure – behavior – function ซึ่งเน้นไปที่การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่าง 3 ด้าน ได้แก่ โครงสร้าง พฤติกรรม และหน้าที่ รูปแบบการคิดเชิงระบบของ Verhoeff, Waarlo, and Boersma (2008) ที่ประกอบด้วยความสามารถในการจำแนกระดับของการจัดระบบของสิ่งมีชีวิต ความสามารถในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงในระดับเดียวกัน (Horizontal coherence) ความสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงต่างระดับ (Vertical coherence) และความสามารถในการคิดเชื่อมโยงไปมาระหว่างสิ่งที่เป็นนามธรรมและรูปธรรม นอกจากนี้รูปแบบ Systems thinking hierarchical (STH model) (Assaraf, Dodick, & Tripto, 2013) ที่อธิบายขั้นตอนการคิดเชิงระบบโดยสามารถจัดกลุ่มได้เป็น 3 ระดับตามลำดับของการคิด ได้แก่ การวิเคราะห์องค์ประกอบของระบบ การสังเคราะห์ความสัมพันธ์ของระบบ และการนำข้อสรุปของระบบไปใช้ ซึ่งต่อมา Raved and Yarden (2014) ได้รวบรวมรูปแบบที่อธิบายการคิดเชิงระบบดังที่กล่าวมาแล้ว พัฒนาขึ้นเป็นรูปแบบผสานรวม (Unified model) ที่แบ่งองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบออกเป็น 4 องค์ประกอบ ได้แก่ ความสามารถในการระบุองค์ประกอบ ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบหรือความสัมพันธ์เชิงโครงสร้าง ความสัมพันธ์เชิงกระบวนการ และความสัมพันธ์ในการจัดระบบองค์ประกอบในลักษณะกรอบปฏิสัมพันธ์รูปแบบต่าง ๆ

เมื่อพิจารณาการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ซึ่งเป็นการทดสอบที่มีวัตถุประสงค์เพื่อทดสอบความรู้และความคิดของนักเรียน ผลการทดสอบของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ปีการศึกษา 2561 พบว่า ในวิชาวิทยาศาสตร์มีคะแนนเฉลี่ยของโรงเรียน 31.45 คะแนน คะแนนเฉลี่ยระดับประเทศ 36.10 คะแนน เมื่อพิจารณาคะแนนเฉลี่ยตามสังกัดของสถานศึกษา พบว่า สำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษามีคะแนนเฉลี่ย 36.43 คะแนน และ

เมื่อพิจารณาจำแนกตามสาระ โดยสาระที่เนื้อหาเกี่ยวข้องกับชีววิทยา ได้แก่ สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิตมีคะแนนเฉลี่ย 29.11 คะแนน และสาระที่ 2 สิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อมมีคะแนนเฉลี่ย 34.42 คะแนน (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2561) จากคะแนนเฉลี่ยระดับต่ำนี้ไม่เพียงแต่แสดงว่านักเรียนยังขาดความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิตซึ่งเป็นความรู้พื้นฐานสำคัญที่นำไปสู่การพัฒนาการคิดเชิงระบบ นักเรียนจึงไม่สามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ ที่มีความซับซ้อนได้ แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจผิวเผินเกี่ยวกับระบบ จดจำเนื้อหาเป็นส่วน ๆ ไม่เชื่อมโยงกัน นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับเบื้องต้น โดยนักเรียนสามารถระบุองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของระบบที่อยู่ในระดับทางชีวภาพเดียวกันได้อยู่ในระดับสูง ในขณะที่ความสามารถในการเชื่อมโยงมโนทัศน์ทางชีววิทยาที่ต่างระดับชีวภาพ การระบุความสัมพันธ์เชิงพลวัต รวมทั้งการคิดเชื่อมโยงกลับไปมาระหว่างมโนทัศน์หรือกระบวนการควบคุมแบบป้อนกลับ (Feedback) ยังคงอยู่ในระดับที่จำเป็นต้องได้รับการพัฒนา (ชนาธิป โหตรภวานนท์, 2559; อิทธิศักดิ์ ศิริจันทร์, 2559)

ผังกราฟิกเป็นแผนผังหรือแผนภาพที่นำเสนอข้อมูลผ่านการจัดกระทำและแสดงความสัมพันธ์อย่างเป็นระบบ (Beissner, Jonassen, & Grabowski, 1994; ทิศนา แขมมณี, 2558) โดยนิยมใช้เส้นตรง กล่องข้อความ และสัญลักษณ์อื่น ๆ ในการสื่อความหมายข้อมูล (Howard & Ellis, 2005) ผังกราฟิกมีหลากหลายรูปแบบแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้ ผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิดเป็นผังกราฟิกที่มีจุดมุ่งหมายในการใช้เพื่อให้นักเรียนสามารถจัดระบบข้อมูลและนำไปสู่การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างข้อมูล รวมทั้งการพัฒนาทักษะกระบวนการคิดที่สำคัญซึ่งเป็นพื้นฐานของการคิดเชิงระบบ ได้แก่ การคิดเชิงพลวัต (Dynamic thinking) เป็นทักษะการคิดที่ช่วยให้สามารถเข้าใจและอธิบายรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการในระบบที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา ช่วยทำให้มองเห็นความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นภายนระบบได้ การคิดเชิงสาเหตุ (System-as-cause thinking) เป็นการคิดหาปัจจัยสาเหตุที่มีผลต่อสมดุลหรือกระบวนการที่เกิดขึ้นในระบบโดยการอธิบายจากโครงสร้างความสัมพันธ์ภายในระบบมากกว่าปัจจัยภายนอกที่ส่งผลต่อระบบ การคิดแบบวงจร (Closed-loop thinking) เป็นการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบในระบบที่ไม่ได้มีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียวแต่ผลจากองค์ประกอบหนึ่งสามารถไปมีผลยังองค์ประกอบที่เป็นสาเหตุได้เกิดเป็นความสัมพันธ์แบบวงจร (Richmond, 1997) เนื่องจากผังกราฟิก

เป็นแผนผังทางความคิดซึ่งประกอบด้วยความคิดหรือข้อมูลสำคัญที่เชื่อมโยงกันในรูปแบบต่าง ๆ ทำให้เห็นโครงสร้างทางความรู้ การใช้ผังกราฟิกเป็นเทคนิคช่วยให้นักเรียนจัดระบบข้อมูลให้อยู่ในรูปแบบที่สามารถเข้าใจเนื้อหาสาระจำนวนมากได้โดยง่าย (ทิศนา แขมมณี, 2558) เทคนิคการใช้ผังกราฟิกจึงเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการจัดกระทำข้อมูลและการคิดเชิงระบบ รวมทั้งมองเห็นความสัมพันธ์แบบองค์รวมระหว่างมโนทัศน์ (McTighe & Lyman Jr, 1988) โดยผังกราฟิกในรูปแบบของแผนภูมิหรือแผนภาพที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการหรือความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นในระบบที่แต่ละช่วงเวลา แล้วให้นักเรียนคาดเดาเกี่ยวกับแนวโน้มสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต โดยการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อสร้างผังวงจรเชิงสาเหตุ (Causal chain map) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบภายในระบบ (Richmond, 1997) และการใช้ผังมโนทัศน์ (Concept map) ในการสรุปเชื่อมโยงความสัมพันธ์และทบทวนความรู้ การใช้ผังกราฟิกเหล่านี้ช่วยพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น นอกจากนี้การใช้คำถามกระตุ้นการคิดของนักเรียนทำให้เข้าใจระบบอย่างลึกซึ้งและสามารถคาดเดาทิศทางหรือแนวโน้มของระบบที่เปลี่ยนแปลงได้ รวมทั้งการอภิปรายกลุ่มย่อยเพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความคิดเห็นช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ความเข้าใจร่วมกัน (ฤทัยรัตน์ ชิดมงคล และสมยศ ชิดมงคล, 2560)

การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และชีววิทยาในปัจจุบันเป็นการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบ (Inquiry process) ตามแนวคิดทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนค้นหาความรู้ผ่านกระบวนการคิดและสร้างความรู้ด้วยตนเอง รูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E เป็นหนึ่งในรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยการสืบสอบที่นิยมใช้ในปัจจุบันมีขั้นตอนการจัดการ เรียนรู้โดยเน้นนักเรียนเป็นศูนย์กลาง 5 ขั้นตอน ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) และขั้นประเมิน (Evaluation) โดยครูมีบทบาทสำคัญในการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นการคิดของนักเรียนในแต่ละขั้นตอน (Llewellyn, 2005) จากงานวิจัยของ พัชรวีร์ นามพิกุล และปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง (2012) พบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E เรื่อง การรักษาดุลยภาพของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีผลต่อแนวคิดและการคิดอย่างมีวิจารณญาณของนักเรียน โดยหลังจากเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E นักเรียนมีแนวคิดสอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์มากขึ้น โดยนักเรียนเข้าใจการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นว่าส่งผลกระทบต่อระบบในภาพรวม

กล่าวคือนักเรียนเข้าใจว่าภาวะไม่สมดุลชนิดไม่หยุดนิ่งกับการรักษาดุลยภาพมีความสัมพันธ์กัน รวมทั้งนักเรียนสามารถระบุประเด็นปัญหาและลงข้อสรุปได้ดีขึ้น

ดังนั้นเมื่อนำวัฏจักรการเรียนรู้ 5E มาผนวกรวมกับการใช้ผังกราฟิก ได้แก่ กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงตามเวลา ผังวงจรเชิงสาเหตุ และผังมโนทัศน์อย่างเป็นระบบ เพื่อส่งเสริมการคิดที่เป็นองค์ประกอบพื้นฐานนำไปสู่การพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนได้ จากความสำคัญของการคิดเชิงระบบโดยเฉพาะอย่างยิ่งในบริบทเนื้อหาวิชาชีววิทยา พบว่านักเรียนจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาการคิดเชิงระบบ เพื่อสร้างความเข้าใจในเนื้อหาชีววิทยาและเชื่อมโยงความรู้ดังกล่าวมาใช้ในชีวิตประจำวัน จึงนำมาสู่การศึกษาวิจัยครั้งนี้ โดยมีวัตถุประสงค์การวิจัยเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น ในเนื้อหาเรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ โดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด ซึ่งผลารวิจัยที่ได้จะช่วยให้สามารถเข้าใจเกี่ยวกับการคิดเชิงระบบของนักเรียนระดับชั้นมัธมศึกษาตอนต้นในบริบทเนื้อหาวิทยาศาสตร์ เป็นตัวอย่างในการจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงระบบของนักเรียนและการประเมินความสามารถการคิดเชิงระบบของนักเรียนต่อไป

คำถามวิจัย

การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิดสามารถพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนได้หรือไม่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

วัตถุประสงค์การวิจัย

เพื่อวิเคราะห์ความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด

สมมติฐานการวิจัย

จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า การจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด โดยการใช้ผังกราฟิกจะช่วยให้นักเรียนได้จัดระบบความคิดของตนเอง เป็นเทคนิคที่ช่วยให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงความรู้ใหม่เข้ากับโครงสร้างความรู้เดิม (น้ำผึ้ง มีนิล, 2545) เห็นความสัมพันธ์ของแต่ละมโนทัศน์และสนับสนุน

การคิดในระดับสูงของนักเรียน (Clarke, 1991; ทิศนา แขมมณี, 2558) ผังกราฟิกจึงเป็นเทคนิคที่เหมาะสมในการนำมาใช้ร่วมกับการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบ (McTighe & Lyman Jr, 1988) ผังกราฟิกมีหลากหลายรูปแบบแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้ การใช้ผังกราฟิกในรูปแบบของแผนภูมิและแผนภาพที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงตามเวลาของกระบวนการหรือความสัมพันธ์ภายในระบบ (Behavior over time graph) ช่วยให้นักเรียนเข้าใจและมองกระบวนการที่เกิดขึ้นในระบบเปลี่ยนแปลงไปตามเวลา แล้วนำข้อมูลความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบหรือปัจจัยที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการภายในระบบเหล่านั้นมาวิเคราะห์เพื่อสร้างผังวงจรเชิงสาเหตุ (Casual chain map) แสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบภายในระบบ (Richmond, 1997) ได้อย่างชัดเจนมากยิ่งขึ้น การใช้ผังมโนทัศน์ (Concept map) ในการสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน เชื่อมโยงความสัมพันธ์และทบทวนความรู้ สามารถช่วยพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น (ฤทัยรัตน์ ชิดมงคล และสมยศ ชิดมงคล, 2560)

จากแนวคิดและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ผู้วิจัยจึงได้ตั้งสมมติฐานของการวิจัยว่านักเรียนที่เรียนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิดมีพัฒนาการในการคิดเชิงระบบเรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ สูงขึ้น

ขอบเขตการวิจัย

1. กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กระทรวงศึกษาธิการ เขตกรุงเทพมหานคร จำนวน 1 ห้องเรียน

2. ตัวแปรในการวิจัย ประกอบด้วย

2.1 ตัวแปรต้น คือ การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด

2.2 ตัวแปรตาม คือ ความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียน

3. เนื้อหา เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ รายวิชาวิทยาศาสตร์ 4 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นิยามเชิงปฏิบัติการ

งานวิจัยนี้กำหนดนิยามเชิงปฏิบัติการ 3 ประการ ดังนี้

1. การคิดเชิงระบบ (Systems thinking) หมายถึง ความสามารถในการทำความเข้าใจและตีความระบบที่มีความซับซ้อน ประกอบด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1.1 การระบุองค์ประกอบหรือโครงสร้างของระบบ หมายถึง การวิเคราะห์มโนทัศน์ที่เป็นมโนทัศน์ที่เป็นส่วนประกอบของระบบ ทั้งที่อยู่ในระดับของการจัดองค์ประกอบของสิ่งมีชีวิตทั้งระดับเดียวกันและต่างระดับกัน

1.2 การระบุความสัมพันธ์พื้นฐานระหว่างองค์ประกอบในระบบ หมายถึง ความสามารถในการทำความเข้าใจและแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ที่เป็นส่วนประกอบในระบบ

1.3 การระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการระหว่างองค์ประกอบภายในระบบ หมายถึง ความสามารถในการทำความเข้าใจและแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบภายในระบบ

1.4 การจัดลำดับองค์ประกอบและสร้างกรอบปฏิสัมพันธ์ของระบบ หมายถึง ความสามารถในการจัดลำดับส่วนประกอบภายในระบบและแสดงการเชื่อมโยง

ความสามารถในการคิดเชิงระบบสามารถวัดได้โดยการวิเคราะห์องค์ประกอบของการคิดเชิงระบบจากผังมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้น ซึ่งตรวจและให้คะแนนโดยใช้แบบประเมินการคิดเชิงระบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตามแนวคิดของ Raved and Yarden (2014)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

2. การจัดการเรียนการรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด หมายถึง การจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของการสืบสอบที่มีจุดมุ่งหมายเพื่อให้นักเรียนสามารถแสวงหาความรู้และสร้างข้อสรุปได้ด้วยตนเองร่วมกับการใช้ผังกราฟิกเพื่อช่วยให้นักเรียนคิดเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบภายในระบบและเข้าใจการทำงานของระบบในภาพรวม ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบายที่เกิดขึ้นจากการเปลี่ยนแปลงของระบบได้ โดยประกอบด้วยขั้นตอนที่มีรายละเอียดดังนี้

2.1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นตอนที่ครูนำเสนอวิดีทัศน์หรือรูปภาพที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัยในประเด็นที่จะศึกษา ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับระบบที่ได้เรียนมาแล้วก่อนจะนำเข้าสู่บทเรียน

2.2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการสร้างองค์ความรู้ โดยศึกษา ทดลองและทำความเข้าใจเกี่ยวกับองค์ประกอบและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของระบบ นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันสร้างผังมโนทัศน์เพื่อระบุองค์ประกอบหรือโครงสร้างที่สำคัญภายในระบบ ครูใช้ผังวงจรเชิงสาเหตุเพื่อพัฒนาการคิดเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ และกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในระบบ พร้อมทั้งใช้คำถามเพื่อพัฒนาการคิดเชิงพลวัตของนักเรียน

2.3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนสร้างข้อสรุปเกี่ยวกับองค์ประกอบและกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในระบบ

2.4 ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นตอนที่ครูนำเสนอสื่อหรือบทความที่เป็นสถานการณ์ปัญหาในชีวิตประจำวันเกี่ยวข้องกับระบบร่างกายที่นักเรียนได้เรียนไปแล้วเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ไปประยุกต์และสร้างผังมโนทัศน์เพื่ออธิบายสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนด

2.5 ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินผลการเรียนรู้จากการทำกิจกรรมโดยใช้แบบทดสอบเพื่อประเมินความรู้ของนักเรียน และแบบประเมินการคิดเชิงระบบเพื่อประเมินความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนจากผังมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้น

3. ผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด หมายถึง แผนผังที่ส่งเสริมความสามารถในการระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบ เป็นแผนผังที่ทำให้นักเรียนสามารถระบุความสัมพันธ์แบบองค์รวมภายในระบบที่มีความซับซ้อน นำนักเรียนไปสู่การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์องค์ประกอบของระบบ ผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิดที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ กราฟที่แสดงการเปลี่ยนแปลงตามเวลา ผังวงจรเชิงสาเหตุ และผังมโนทัศน์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยครั้งนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด โดยผู้วิจัยดำเนินการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ซึ่งนำเสนอรายละเอียดลำดับหัวข้อ ดังนี้

1. ระบบ
    1.1 ความหมายของระบบ
    1.2 ลักษณะของระบบ
2. การคิดเชิงระบบ
    2.1 ความเป็นมาของการคิดเชิงระบบ
    2.2 ความสำคัญของการคิดเชิงระบบ
    2.3 ความหมายของการคิดเชิงระบบ
    2.4 องค์ประกอบของการคิดเชิงระบบ
    2.5 การวัดและประเมินการคิดเชิงระบบ
3. การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E
    3.1 ทฤษฎีสนับสนุนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E
    3.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E
    3.3 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E
4. การใช้ผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด
5. การวิเคราะห์เนื้อหา เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์
6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
    6.1 งานวิจัยในประเทศ
    6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1. ระบบ

1.1 ความหมายของระบบ

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2554 (ราชบัณฑิตยสถาน, 2555) ให้ความหมายของระบบว่าเป็นกลุ่มของสิ่งซึ่งมีลักษณะประสานเข้าเป็นสิ่งเดียวกันตามหลักแห่งความสัมพันธ์ที่สอดคล้องกัน ด้วยระเบียบของธรรมชาติหรือหลักเหตุผลทางวิชาการ จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง พบว่า ระบบเป็นกลุ่มหรือชุดองค์ประกอบที่มีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกันทำให้เกิดเป็นเอกลักษณ์เฉพาะของระบบ (Arnold & Wade, 2015) องค์ประกอบต่าง ๆ มีปฏิสัมพันธ์กันอยู่ภายใต้วัตถุประสงค์เฉพาะทำให้ระบบดำเนินการได้อย่างเหมาะสม (Assaraf & Orion, 2005)

1.2 ลักษณะของระบบ

ทฤษฎีระบบเริ่มปรากฏขึ้นเมื่อปี ค.ศ. 1930 โดย Von Boterlanfy พบว่า นักวิทยาศาสตร์นั้นมุ่งเน้นเฉพาะศาสตร์ในสาขาของตนเอง จึงนำมาสู่การตั้งทฤษฎีระบบทั่วไป (General systems theory) ซึ่งทฤษฎีระบบทั่วไปได้ถูกนำมาใช้หลากหลายสาขาวิชา ต่อมาในช่วงปี ค.ศ. 1950 Weiner ได้พัฒนาทฤษฎี Cybernatics ซึ่งทำให้เข้าใจระบบทางชีวภาพมากยิ่งขึ้น แต่ก็ไม่สามารถอธิบายกระบวนการเชิงพลวัต (Dynamic behavior) ของระบบได้อย่างชัดเจน สำหรับนักชีววิทยาส่วนใหญ่ทฤษฎีระบบและการคิดเชิงระบบยังคงเป็นวิธีคิดเกี่ยวกับองค์ประกอบทางชีวภาพโดยไม่มีผลกระทบมากในการวิจัยของพวกเขา จนกระทั่งในช่วงปี ค.ศ. 1970 เกิดการพัฒนาทฤษฎีระบบเชิงพลวัต (Dynamic systems theories) ซึ่งเกิดจากทฤษฎีไร้ระเบียบ (Chaos theory) และทฤษฎีความซับซ้อน (Complexity theory) (Boersma et al., 2011; Verhoeff et al., 2008) ทฤษฎีระบบหลายทฤษฎีที่กล่าวมาแล้วข้างต้น พบว่า ระบบทางชีววิทยามีลักษณะสำคัญคือ ระบบจะต้องประกอบด้วยองค์ประกอบ (Component) หรือระบบย่อย ๆ (Partial system) ดังนั้นระบบไม่เพียงแต่มีเอกลักษณ์เฉพาะแต่ยังเป็นส่วนหนึ่งของระบบที่สูงกว่า องค์ประกอบของระบบทางชีวภาพจึงหมายถึงระบบย่อยที่เป็นส่วนหนึ่งของระบบที่มีลำดับสูงกว่าตามระดับของการจัดระบบของสิ่งมีชีวิต (Levels of biological organization) โดยแต่ละองค์ประกอบทำหน้าที่ (Function) เฉพาะภายในระบบ ตัวอย่างระบบทางชีวภาพเช่น อวัยวะภายในร่างกายทำหน้าที่แตกต่างกันไปแต่อวัยวะต่าง ๆ ล้วนมีปฏิสัมพันธ์กัน (interaction) นอกจากนี้ระบบทางชีวภาพจัดเป็นระบบเปิดที่มีการไหลเวียนของพลังงานและวัฏจักรของสสาร โดยมีกลไกการควบคุมภายในระบบ (Self-

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

regulating system) เรียกว่า การรักษาดุลยภาพ (Homeostasis) ระบบเปิดจะอยู่ในภาวะสมดุล ณ ช่วงเวลาหนึ่ง จากสมดุลชั่วคราวดังกล่าวระบบจะเปลี่ยนผ่านไปสู่ช่วงระยะไร้ระเบียบ (Chaotic phase) แล้วระบบจะเกิดการเปลี่ยนแปลงเพื่อเข้าสู่สภาวะสมดุลใหม่ (Boersma et al., 2011)

จากทฤษฎีระบบที่กล่าวมาแล้วข้างต้นสามารถสรุปได้ว่า ระบบทางชีววิทยาเป็นระบบที่ประกอบด้วยองค์ประกอบภายในระบบซึ่งมีบทบาทหน้าที่สัมพันธ์กัน มีการไหลเวียนของสสารและพลังงานตามการเปลี่ยนแปลงของเวลา ดังนั้นระบบจึงต้องมีกระบวนการในการควบคุมระบบให้อยู่ในภาวะสมดุล

2. การคิดเชิงระบบ

2.1 ความเป็นมาของการคิดเชิงระบบ

เมื่อศึกษาถึงประวัติความเป็นมาเกี่ยวกับการคิดเชิงระบบ พบว่า จุดเริ่มต้นปรากฏขึ้นเมื่อ ค.ศ. 1930 โดย Von Bertalanfy นักชีววิทยาชาวออสเตรียที่พบว่านักวิทยาศาสตร์นั้นมุ่งเน้นเฉพาะศาสตร์สาขาของตนเอง จึงนำมาสู่การตั้งทฤษฎีระบบทั่วไป (General systems theory) ทฤษฎีระบบทั่วไปได้ถูกนำไปใช้ในหลากหลายสาขาวิชาในเวลาต่อมา(Boersma et al., 2011) ต่อมาใน ค.ศ. 1990 Peter M. Senge ได้ตีพิมพ์หนังสือชื่อ the fifth discipline: the art and practice of the learning organization ที่เสนอรูปแบบองค์กรการเรียนรู้ (Learning organization) ที่สร้างขึ้นโดยวินัย 5 ประการ (Senge, 1990)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1) การสร้างวิสัยทัศน์ร่วมกัน (Building shared vision) เป็นความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเป้าหมายขององค์กรร่วมกัน เพื่อให้สมาชิกมีหลักการและแนวทางในการปฏิบัติร่วมกันนำไปสู่การประสบผลสำเร็จขององค์กร

2) ความเชี่ยวชาญของบุคคล (Personal mastery) เป็นความรู้เกี่ยวกับการทำความเข้าใจในวิสัยทัศน์และความสามารถของตนเองโดยปราศจากความลำเอียง เพื่อนำไปสู่การพัฒนาสร้างผลงานที่มีประสิทธิภาพต่อไป

3) การเรียนรู้เป็นทีม (Team learning) การเรียนรู้เป็นทีมจะเกิดผลดีต่อความสำเร็จขององค์กรและสมาชิกแต่ละคนของทีมยังได้เติบโตอย่างรวดเร็วด้วย

4) แบบแผนทางความคิด (Mental models) เป็นความเชื่อ ค่านิยม หรือทัศนคติที่มีอิทธิพลต่อแนวทางการปฏิบัติ ในการเปลี่ยนแปลงองค์กรจึงต้องอาศัยกระบวนการเรียนรู้ขององค์กรในการเปลี่ยนแปลงแบบแผนทางความคิด

5) การคิดเชิงระบบ (Systems thinking) เป็นความรู้ที่บูรณาการความรู้อื่น ๆ รวมเป็นทฤษฎีและแนวปฏิบัติ การคิดเชิงระบบจะทำให้สามารถเข้าใจและตอบสนองต่อองค์กรโดยรวม และสามารถตรวจสอบส่วนต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กัน มองปัญหาที่ซับซ้อนแบบเป็นองค์รวมมากกว่ามองแยกเป็นส่วนย่อย

จากหนังสือดังกล่าวทำให้การคิดเชิงระบบเป็นที่รู้จักแพร่หลายมากยิ่งขึ้น จนกระทั่งในปี ค.ศ. 2013 ประเทศสหรัฐอเมริกาได้ปรับเปลี่ยนจากมาตรฐานวิทยาศาสตร์ศึกษาแห่งชาติ (National science education standard) มาเป็นมาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ใหม่ของประเทศสหรัฐอเมริกา หรือ Next generation science standards ที่มีความสำคัญต่อการเรียนด้านวิทยาศาสตร์และวิศวกรรมศาสตร์ กล่าวถึงแนวคิดเชื่อมโยงข้ามสาขาวิชา (Crosscutting concepts) เป็นเครื่องมือในการศึกษาปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ กระบวนการและการทำงานทางวิทยาศาสตร์ ในขณะที่นักเรียนเรียนรู้เกี่ยวกับแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ โดยเฉพาะในหัวข้อแนวคิดเกี่ยวกับระบบและแบบจำลองระบบเน้นความเชื่อมโยง ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับการคิดเชิงระบบ (Plate & Monroe, 2014)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

2.2 ความสำคัญของการคิดเชิงระบบ

การคิดเชิงระบบเป็นทักษะทางปัญญาที่สำคัญสำหรับนักเรียนในศตวรรษที่ 21 เนื่องจากการคิดเชิงระบบเป็นการมองแบบองค์รวมและพิจารณาความเชื่อมโยงขององค์ประกอบต่าง ๆ ตลอดจนความสัมพันธ์เชิงเหตุและผลที่ส่งผลกระทบซึ่งกันและกัน นักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบสามารถมองลึกลงไปเกินกว่าเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นและเป็นการมองให้เห็นถึงโครงสร้างของเหตุการณ์นั้น ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจปัญหาและโครงสร้างของปัญหาที่มีความซับซ้อนได้ และนำไปสู่การตัดสินใจแก้ปัญหาได้อย่างเหมาะสม โดยเป็นการแก้ปัญหาที่ไม่ส่งผลให้เกิดปัญหาใหม่หรือไม่ทำให้ปัญหาที่มีอยู่รุนแรงกว่าเดิม (Hogan, 2000; ฤทัยรัตน์ ชิดมงคล และสมยศ ชิดมงคล, 2560) นอกจากนี้การคิดเชิงระบบเป็นการคิดพื้นฐานที่จะนำไปสู่การพัฒนา

การคิดอย่างมีวิจารณญาณที่จะช่วยให้นักเรียนสามารถสร้างข้อสรุปที่น่าเชื่อถือเกี่ยวกับพฤติกรรมจากการสร้างความเข้าใจอย่างลึกซึ้งเกี่ยวกับสิ่งนั้น (Plate & Monroe, 2014)

2.3 ความหมายของการคิดเชิงระบบ

การคิดเชิงระบบ หรือ Systems thinking ในภาษาอังกฤษนั้น เป็นการคิดขั้นสูงในลักษณะของการพิจารณาความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนแบบองค์รวม โดยมีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการคิดเชิงระบบไว้ดังนี้

การคิดเชิงระบบเป็นทักษะทางปัญญาที่เกี่ยวข้องกับการทำความเข้าใจระบบที่มีความซับซ้อนในภาพรวม (Arnold & Wade, 2015; Hung, 2008) โดยการวิเคราะห์และอธิบายองค์ประกอบภายในระบบ ขอบเขตของระบบ และความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละองค์ประกอบภายในระบบ (Evagorou et al., 2009) นอกจากนี้ในงานวิจัยที่ศึกษาเกี่ยวกับการคิดเชิงระบบในเนื้อหาชีววิทยาพบว่าการคิดเชิงระบบเป็นความสามารถในการเชื่อมโยงระหว่างระดับของตัวแทนความคิดทางชีววิทยา (Assaraf et al., 2013; Assaraf & Orion, 2005) แล้วสร้างกรอบความคิดพื้นฐานของระบบที่มีความสัมพันธ์กัน โดยประกอบขึ้นมาจากองค์ประกอบและกระบวนการ ซึ่งเน้นไปที่ปฏิสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบภายในระบบ (Raved & Yarden, 2014)

จากการศึกษาความสามารถของการคิดเชิงระบบดังกล่าว จึงสามารถสรุปความหมายของการคิดเชิงระบบว่าเป็นความสามารถในการทำความเข้าใจระบบที่มีความซับซ้อน โดยอาศัยการวิเคราะห์องค์ประกอบ ความสัมพันธ์เชื่อมโยงภายในระบบ ตลอดจนสามารถสร้างกรอบปฏิสัมพันธ์แสดงการเชื่อมโยงขององค์ประกอบภายในระบบได้

2.4 องค์ประกอบของการคิดเชิงระบบ

การคิดเชิงระบบเป็นทักษะทางปัญญาที่ต้องอาศัยความสามารถหรือทักษะย่อย ๆ หลายอย่างประกอบกัน โดยนักการศึกษาหลายท่านได้นำเสนอรูปแบบที่อธิบายองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบไว้หลากหลาย โดยแต่ละรูปแบบทำให้ทราบถึงมุมมองในหารพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียนดังต่อไปนี้

Systems thinking hierarchical model (STH model) เสนอโดย Assaraf and Orion (2005) แสดงถึงองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบ 8 องค์ประกอบ โดยสามารถจัดกลุ่มได้เป็น 3 ระดับ ซึ่งระดับที่ต่ำกว่าจะเป็นพื้นฐานขององค์ประกอบในระดับที่สูงกว่า ดังนี้

ระดับ A การวิเคราะห์องค์ประกอบของระบบ

การระบุองค์ประกอบและกระบวนการภายในระบบ

ระดับ B การสังเคราะห์องค์ประกอบของระบบ

1) การระบุความสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างองค์ประกอบภายในระบบได้
2) การระบุความสัมพันธ์เชิงพลวัตภายในระบบ
3) การจัดลำดับองค์ประกอบ กระบวนการและความสัมพันธ์ภายในกรอบความสัมพันธ์
4) ระบุการหมุนเวียนของสสารและพลังงานภายในระบบ

ระดับ C การนำไปใช้ (Implementation)

1) การเข้าใจประเด็นย่อยของระบบที่ไม่สามารถสังเกตเห็นได้โดยตรง
2) การสร้างหลักการทั่วไปของระบบ
3) การคิดตามการเปลี่ยนแปลงของเวลา

Verhoeff et al. (2008) พบว่า การคิดเชิงระบบของการศึกษาชีววิทยา เรื่อง เซลล์ ต้องอาศัยความสามารถที่สำคัญ 4 องค์ประกอบ ได้แก่

1) ความสามารถในการจำแนกความแตกต่างระหว่างระดับของการจัดระบบของสิ่งมีชีวิตและสามารถจับคู่มโนทัศน์ทางชีววิทยากับระดับการจัดระบบของสิ่งมีชีวิต

2) ความสามารถในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ในระดับของตัวแทนความคิดทางชีวภาพเดียวกัน (Horizontal coherence)

3) ความสามารถในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ในระดับของตัวแทนความคิดทางชีวภาพที่ต่างกัน (Vertical coherence)

4) ความสามารถในการคิดเชื่อมโยงไปมาระหว่างรูปแทนของเซลล์ที่เป็นนามธรรมไปยังเซลล์ที่มองเห็นจริงภายใต้กล้องจุลทรรศน์

Structure-behavior-function model (Goel, Rugaber, & Vattam, 2009) แบบจำลองการคิดเชิงระบบนี้อยู่บนพื้นฐานความเชื่อที่ว่าการจัดองค์ประกอบของความรู้ระหว่างกระบวนการเรียนรู้มีผลต่อรูปแบบการจัดระบบความรู้ที่นักเรียนนำเสนอ โดยเน้นไปที่การเชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงสาเหตุ ระหว่าง 3 องค์ประกอบ ได้แก่

1) โครงสร้าง (Structure) หมายถึง องค์ประกอบและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบภายในระบบ

2) พฤติกรรม (Behavior) เป็นความสัมพันธ์เชิงพลวัตระหว่างองค์ประกอบภายในระบบและกระบวนการที่ปรากฏภายในระบบ

3) การนำไปใช้ (Function) เป็นโครงสร้างความรู้ที่จำเพาะกับเงื่อนไข ประกอบไปด้วยความสัมพันธ์ต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง

Unified model ที่พัฒนาโดย (Raved & Yarden, 2014) โดยรวบรวมจากแบบจำลองการคิดเชิงระบบทั้ง 3 รูปแบบข้างต้น ซึ่งอยู่บนหลักการพื้นฐาน 3 ประการ คือ (1) การพัฒนาการคิดเชิงระบบประกอบด้วยขั้นตอนที่เรียงกันตามลำดับ จากองค์ประกอบระดับพื้นฐานไปยังองค์ประกอบที่ซับซ้อน (2) การแสดงแนวคิดของระบบที่กำหนดจะมีอิทธิพลต่อวิธีที่นักเรียนรับรู้ และ (3) นักเรียนไม่สามารถเข้าใจ กระบวนการทางชีววิทยาได้โดยปราศจากความเข้าใจในกระบวนการและส่วนประกอบในระดับต่าง ๆ โดยมีรายละเอียดองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบและลำดับขั้นของการคิดเชิงระบบดังตารางที่ 1

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 1 องค์ประกอบและลำดับขั้นของการคิดเชิงระบบตามรูปแบบผสานรวม (Raved & Yarden, 2014)

ลำดับขั้นของการคิดเชิงระบบ	**ระดับพื้นฐาน (Basic level)**	**ระดับสูง (High level)**
1. ความสามารถในการระบุองค์ประกอบของระบบ	ระบุองค์ประกอบในระดับเดียว	ระบุองค์ประกอบในระดับที่ต่างกัน
2. ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน	ระบุความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบในระดับของตัวแทนความคิดทางชีวภาพ	ระบุความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบในระดับของตัวแทนความคิดทางชีวภาพ

ลำดับขั้นของการคิดเชิงระบบ	ระดับพื้นฐาน (Basic level)	ระดับสูง (High level)
3. ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์เชิงพลวัต	เดียวกัน (Horizontal coherence)	ที่ต่างกัน (Vertical coherence)
4. ความสามารถในการจัดระบบองค์ประกอบในกรอบความสัมพันธ์	กรอบความสัมพันธ์อย่างง่าย คือ รูปแบบคู่ (Pairs) และรูปแบบกิ่ง (Spoke)	กรอบความสัมพันธ์อย่างง่าย คือ รูปแบบสายโซ่ (Chain) และรูปแบบตาข่าย (Net)

จากที่กล่าวมาแล้วข้างต้นพบว่า การคิดเชิงระบบประกอบด้วยองค์ประกอบที่สำคัญ 4 ประการ ได้แก่ (1) ความสามารในการระบุองค์ประกอบหรือโครงสร้างของระบบ (2) ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์ภายในระบบ (3) ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์เชิงพลวัต และ (4) ความสามารถในการจัดระบบองค์ประกอบในกรอบความสัมพันธ์

2.5 แนวทางการวัดและประเมินการคิดเชิงระบบ

การวัดและประเมินการคิดเชิงระบบสามารถทำได้หลายวิธี การใช้แบบสอบถาม (Brandstädter, Harms, & Grossschedl, 2012) การวิเคราะห์จากรูปวาด การเชื่อมโยงคำศัพท์และการสัมภาษณ์ (Assaraf et al., 2013) โดยวิธีที่มีประสิทธิภาพและเป็นที่นิยมมากที่สุดคือ การให้นักเรียนแสดงโครงสร้างทางความคิดของตนเองออกมาอยู่ในรูปของผังมโนทัศน์และวิเคราะห์การคิดเชิงระบบจากแผนผังที่เป็นตัวแทนการคิดของนักเรียน ผังมโนทัศน์เป็นเครื่องมือที่มีประสิทธิภาพในการตรวจสอบการสร้างโครงสร้างทางความรู้ของนักเรียน (Assaraf et al., 2013; Assaraf & Orion, 2005; Raved & Yarden, 2014) ผังมโนทัศน์จะมุ่งเน้นไปที่องค์ประกอบและการเชื่อมโยงตามการรับรู้ของนักเรียน (Cañas, Novak, Samawi, & Xavier, 2007) นักการศึกษาได้นำเสนอเกณฑ์การตรวจและการให้คะแนนผังมโนทัศน์ไว้อย่างหลากหลายดังนี้

Cronin, Dekhers, and Dunn (1982) ได้กำหนดเกณฑ์และอธิบายการให้คะแนนผังมโนทัศน์ โดยมีประเด็นการพิจารณา 5 ประเด็น ได้แก่ (1) มโนทัศน์ที่แสดงภายในผังมโนทัศน์ (2) การจัดกลุ่มแสดงความสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ (3) การจัดลำดับของมโนทัศน์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

(4) การแตกแขนงของมโนทัศน์ และ (5) ประโยคความเรียงที่อธิบายความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ ในแต่ละประเด็นมีรายละเอียดและเกณฑ์การให้คะแนนดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 ประเด็นการพิจารณาและเกณฑ์การให้คะแนนผังมโนทัศน์ของ Cronin et al. (1982)

ประเด็นการพิจารณา	คำอธิบาย	เกณฑ์การให้คะแนน
1. มโนทัศน์ (Concepts)	มโนทัศน์ คือ วัตถุ เหตุการณ์ หรือ คุณสมบัติของสิ่งหนึ่งที่กำหนดขึ้น	ให้ 1 คะแนนสำหรับแต่ละมโนทัศน์ที่เชื่อมโยงกัน
2. การจัดกลุ่ม (Grouping)	การจัดกลุ่มเป็นลักษณะการเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ มี 3ลักษณะ ดังนี้ 1) การจัดกลุ่มแบบเดี่ยว (Point grouping) มีมโนทัศน์ที่ไม่เชื่อมโยงกับมโนทัศน์อื่น ๆ 2) การจัดกลุ่มแบบเปิด (Open grouping) มีการเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ตั้งแต่ 3 มโนทัศน์ขึ้นไปเป็นลักษณะของห่วงโซ่ 3) การจัดกลุ่มแบบปิด (Closed grouping) มีการเชื่อมโยงเป็นวงจร	การให้คะแนนการจัดกลุ่ม 1) การจัดกลุ่มแบบเดี่ยว ให้ 1 คะแนน 2) การจัดกลุ่มแบบเปิด ให้ 2 คะแนน 3) การจัดกลุ่มแบบปิด ให้ 3 คะแนน
3. การจัดลำดับ (Hierarchy)	มโนทัศน์ในผังมโนทัศน์จะมีการจัดลำดับ โดยมโนทัศน์ทั่วไปจะอยู่ทางด้านบนของแผนผัง ในขณะที่มโนทัศน์ที่เฉพาะจะอยู่ด้านล่างของแผนผัง	1) ให้ 4 คะแนน เมื่อการจัดลำดับถูกต้อง 2) ให้ 2 คะแนน สำหรับแต่ละมโนทัศน์ที่ต่างจากระดับที่กำหนด 1 ระดับ 3) ให้ 0 คะแนน สำหรับแต่ละมโนทัศน์ที่ต่างจากระดับที่กำหนดมากกว่า 2 ระดับ
4. การแตกแขนง (Branching)	การแตกแขนงของมโนทัศน์ทั่วไปแสดงถึงมโนทัศน์ที่เฉพาะเจาะจงมากขึ้น	ให้ 1 คะแนน สำหรับแต่ละมโนทัศน์ที่แตกแขนงออกจากมโนทัศน์ทั่วไป

ประเด็นการพิจารณา	คำอธิบาย	เกณฑ์การให้คะแนน
5. ประโยคความเรียง (Proposition)	ความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์แสดงการเชื่อมโยงผ่านคำเชื่อมและวลีที่เขียนเชื่อมระหว่าง 2 มโนทัศน์ โดยประโยคความเรียงมี 2 ลักษณะ ได้แก่ 1) ประโยคความเรียงอย่างง่าย (Simple proposition) มีการใช้คำเชื่อมที่ไม่ใช่คำศัพท์เฉพาะ 2) ประโยคความเรียงทางวิทยาศาสตร์ (Scientific proposition) มีการใช้คำเชื่อมที่เป็นศัพท์เฉพาะทางวิทยาศาสตร์ (Technical or scientific word)	1) ประโยคความเรียงอย่างง่าย ให้ 1 คะแนน และให้ 0.5 คะแนนเมื่อมีการใช้ประโยคความเรียงซ้ำ 2) ประโยคความเรียงทางวิทยาศาสตร์ให้ 2 คะแนน และให้ 1 คะแนนเมื่อมีการใช้ประโยคความเรียงซ้ำ

Gowin & Novak (1984) ได้เสนอเกณฑ์การตรวจและให้คะแนนผังมโนทัศน์ โดยพิจารณา 5 ประเด็น ดังนี้

1) ประโยคความเรียง (Proposition) เป็นประโยคที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์โดยเส้นเชื่อมระหว่างมโนทัศน์และคำเชื่อมกำกับเส้น ถ้าแต่ละคู่มีความสัมพันธ์ถูกต้องให้ 1 คะแนน

2) ลำดับ (Hierarchy) แสดงลำดับขั้นของผังมโนทัศน์ ถ้ามโนทัศน์รอง หรือมโนทัศน์ย่อยมีมโนทัศน์ที่เฉพาะเจาะจงไล่ลงไปตามลำดับขั้น จากมโนทัศน์ที่เขียนอยู่เหนือกว่า ระดับละ 5 คะแนน

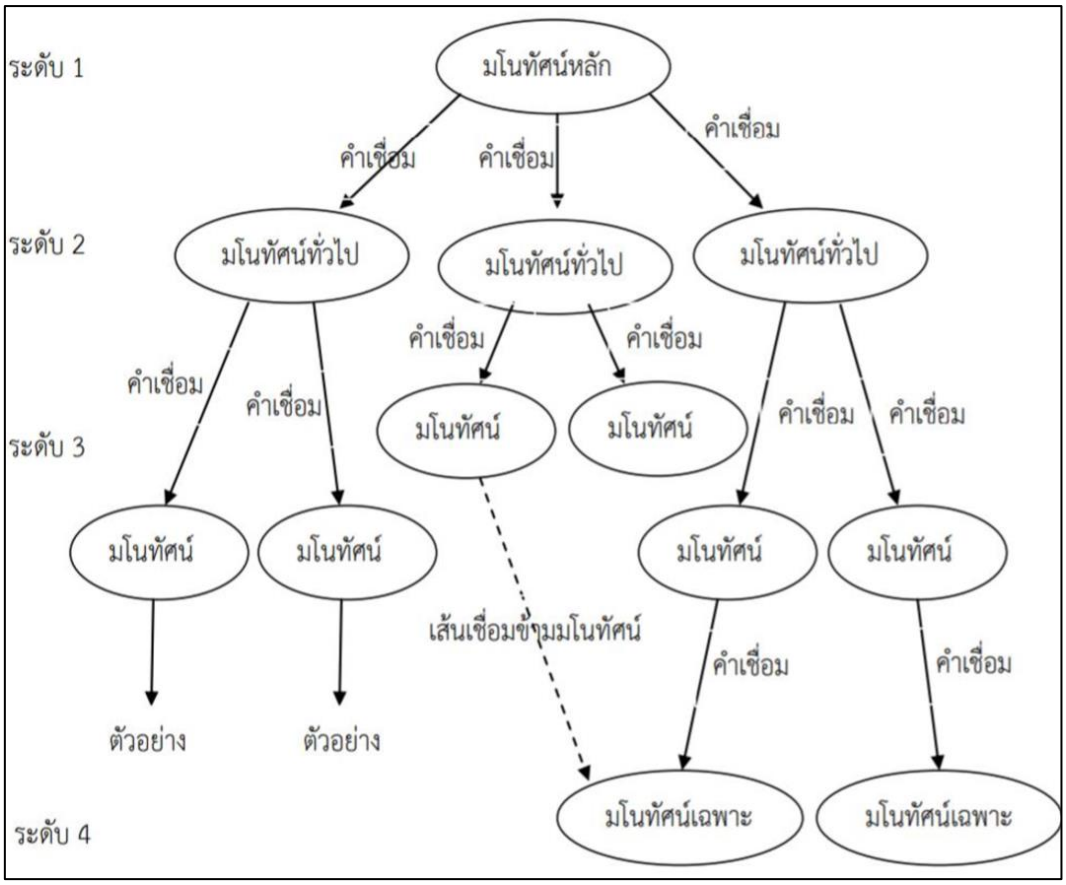
3) การเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ (Cross links) พิจาณาการเชื่อมข้ามมโนทัศน์ที่มีความหมายหรือเชื่อมข้ามชุดให้ 10 คะแนน สำหรับแต่ละคู่ของการเชื่อมข้ามที่มีความสาเหตุสมผลและมีนัยสำคัญ และให้ 2 คะแนนสำหรับแต่ละการเชื่อมข้ามที่สมเหตุสมผลแต่อาจจะไม่สำคัญ การเชื่อมข้ามแนวคิดที่มีความเป็นเอกลักษณ์ หรือมีความสร้างสรรค์สมควรจะได้รับคะแนนพิเศษ

4) การยกตัวอย่างตัวอย่าง พิจารณาตัวอย่างที่สมเหตุผลของมโนทัศน์ที่เขียนให้ 1 คะแนนสำหรับแต่ละอย่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5) การให้คะแนนพิเศษ เมื่อนักเรียนสามารถสร้างผังมโนทัศน์ได้ตามจุดประสงค์ที่ต้องการ

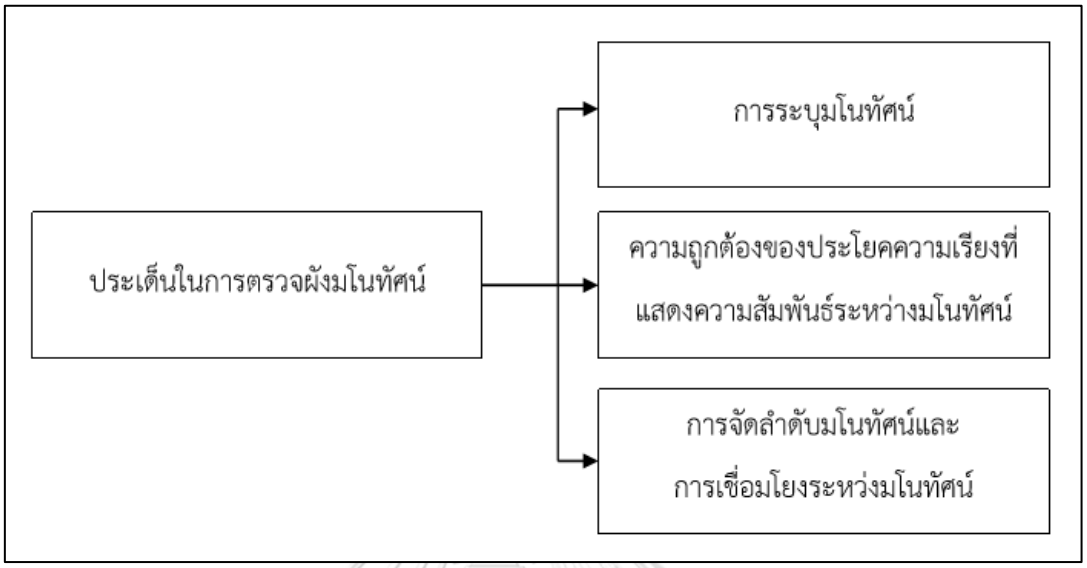
จากประเด็นการพิจารณาข้างต้น การให้คะแนนผังมโนทัศน์ตามแนวคิดของ Gowin & Novak (1984) แสดงตัวอย่างดังในภาพที่ 1 โดยประโยคความเรียงที่แสดงความสัมพันธ์ถูกต้องมีทั้งหมด 12 คู่ ลำดับขั้นของมโนทัศน์มีทั้งหมด 4 ระดับ พบการเชื่อมโยงข้ามมโนทัศน์ 1 คู่และปรากฏตัวอย่างของมโนทัศน์ 2 ตัวอย่าง รวมเป็น 44 คะแนน



ภาพที่ 1 ตัวอย่างการให้คะแนนผังมโนทัศน์ (Gowin & Novak, 1984)

การตรวจให้คะแนนผังมโนทัศน์จะเน้นการประเมินใน 3 ประเด็นหลัก ได้แก่ การระบุมโนทัศน์ ความถูกต้องของประโยคความเรียงที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ และการจัดลำดับและการเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ ซึ่งใกล้เคียงกับองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบ ดังนั้นการตรวจผังมโนทัศน์จึงสามารถประเมินการคิดเชิงระบบของนักเรียนได้ครบทุกองค์ประกอบ

ทั้งการระบุองค์ประกอบหรือโครงสร้างภายในระบบ การระบุความสัมพันธ์ และการสร้างกรอบปฏิสัมพันธ์



ภาพที่ 2 ประเด็นในการตรวจผังมโนทัศน์ (Cronin et al., 1982; Gowin & Novak, 1984)

Assaraf et al. (2013) ได้อธิบายรายละเอียดของการวิเคราะห์ผังมโนทัศน์ตาม Systems thinking hierarchical model (STH model) เป็นลำดับขั้นตอนตามลำดับการพัฒนาองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบ

1. ระบุองค์ประกอบและกระบวนการภายในระบบ เพื่อความเข้าใจอย่างลึกซึ้งในความสามารถของการแสดงองค์ประกอบและกระบวนการของระบบ ผังมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้นจึงควรจะได้รับการวิเคราะห์การเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้น ตามขั้นตอนดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

1) นับการเชื่อมโยงทั้งหมดที่นักเรียนสร้างขึ้น

2) วิเคราะห์เนื้อหาการเชื่อมโยงออกมาเป็นประโยค

3) จัดกลุ่มประโยคผลลัพธ์ที่ได้และตัดประโยคส่วนที่ไม่เกี่ยวข้องกับประโยคที่ศึกษาออก

4) จัดกลุ่มประโยคแบ่งเป็นกลุ่มที่เกี่ยวข้องกับกระบวนและไม่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ ประโยคที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ หมายถึง การเรียงต่อกันของการกระทำ หรือการเปลี่ยนแปลงที่มีลำดับขั้นตอนและเกิดขึ้นอย่างช้า ๆ ในทางกลับกันประโยคที่ไม่เกี่ยวข้องกับ

กระบวนการ หมายถึง ประโยคที่เป็นการบรรยายเกี่ยวกับสภาพของสิ่งต่าง ๆ หรือปรากฏการณ์เท่านั้น

5) การคำนวณเปรียบเทียบจำนวนประโยคที่เกี่ยวข้องกับกระบวนการและไม่เกี่ยวข้องกับกระบวนการ

2. ระบุความสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างองค์ประกอบภายในระบบได้ หลักฐานในผังมโนทัศน์ที่แสดงถึงความสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างองค์ประกอบในระบบสามารถดูได้จากรูปแบบการเชื่อมโยงความหมายระหว่างมโนทัศน์โดย

1) วิเคราะห์การเชื่อมโยงและแปลเป็นประโยค

2) ระบุประโยคที่มีการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ

3. ระบุความสัมพันธ์เชิงพลวัตภายในระบบ ความสามารถนี้สามารถวัดโดยตรวจสอบความสัมพันธ์ที่นักเรียนสร้างขึ้นระหว่าง 2 มโนทัศน์ โดย

1) วิเคราะห์การเชื่อมโยงและแปลเป็นประโยค

2) ระบุประโยคที่มีการแสดงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบ

4. จัดลำดับองค์ประกอบ กระบวนการและความสัมพันธ์ภายในระบบ กรอบความสัมพันธ์ ความสามารถของนักเรียนในการเชื่อมโยงองค์ประกอบเดี่ยว ๆ กลายเป็นกลุ่มของมโนทัศน์ ซึ่งวัดได้จากการตรวจสอบจำนวนของจุดเชื่อมต่อ (Junction) ของการเชื่อมโยงภายในผังมโนทัศน์ จุดเชื่อมต่อคือ มโนทัศน์ที่มีการเชื่อมโยงกับมโนทัศน์อื่นอีกอย่างน้อย 3 มโนทัศน์ จำนวนจุดเชื่อมต่อบ่งบอกถึงระดับการเชื่อมโยงความรู้ของนักเรียน ดังนั้นจึงควรนับจุดเชื่อมต่อในแต่ละผังมโนทัศน์ด้วย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

5. ระบุการหมุนเวียนของสสารและพลังงานภายในระบบ

6. ระบุประเด็นย่อยของระบบที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง เป็นการทราบถึงรูปแบบและปฏิสัมพันธ์ที่ประกอบอยู่ในระบบที่ไม่สามารถมองเห็นได้ ผังมโนทัศน์ทำให้สามารถทราบความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับรูปแบบของระบบต่าง ๆ ในร่างกายมนุษย์ จากการวิเคราะห์การเชื่อมโยงเนื้อหาและรวบรวมประโยคที่มีการเชื่อมโยงพบรูปแบบความสัมพันธ์ 3 รูปแบบ ได้แก่ การรักษาดุลยภาพ (Homeostasis) ประกอบด้วยประโยคที่อธิบายเกี่ยวกับสิ่งที่เกิดขึ้นในระบบภายในร่างกายเป็นปกติ การจัดระบบ (Hierarchy) ประกอบด้วยประโยคที่มีการเชื่อมโยงระหว่าง

องค์ประกอบที่มีขนาดใหญ่กับองค์ประกอบที่มีขนาดเล็ก และความเป็นพลวัต (Dynamism) ประกอบด้วยประโยคที่ระบุกระบวนการที่เป็นพลวัตที่เกิดขึ้นภายในระบบร่างกาย

7. สร้างหลักการทั่วไปของระบบ สามารถระบุองค์ประกอบนี้ได้จากประโยคที่รวบรวมขึ้นจากผัง ซึ่งกล่าวถึงรูปแบบภายในและการเชื่อมโยงที่ไม่สามารถมองเห็นได้จากโครงสร้างภายนอกร่างกาย คิดตามการเปลี่ยนแปลงของเวลา ประกอบด้วยความสามารถในการคิดย้อนหลัง (Retrospect thinking) และการคาดคะเน (Projection) การระบุความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับปฏิสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นในปัจจุบันแล้วมีผลต่ออนาคตแสดงผ่านผังมโนทัศน์

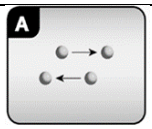
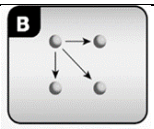
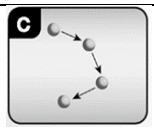
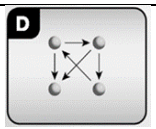
นอกจากนี้การวิเคราะห์ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบของ Raved and Yarden (2014) ได้แสดงถึงการวิเคราะห์ผังมโนทัศน์โดยใช้ Unified model แสดงลักษณะของการคิดเชิงระบบในการศึกษาชีววิทยา โดยพิจารณาระดับของการจัดระบบสามารถจำแนกได้เป็น 4 กลุ่ม ได้แก่ (1) submicro-micro เป็นความสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ระดับที่เล็กกว่าโมเลกุลกับระดับโมเลกุล (2) micro-macro เป็นความสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ระดับเซลล์และระดับมหภาคที่สามารถมองเห็นได้ด้วยตาเปล่า (3) submicro-macro เป็นความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ระดับเล็กกว่าโมเลกุลกับระดับมหภาค และ (4) การเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ในระดับเดียวกันเป็นความสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ที่อยู่ระดับเดียวกัน และการวัดความสามารถของนักเรียนในการจัดระบบองค์ประกอบของระบบในกรอบความสัมพันธ์ โดยพิจารณาตามรูปแบบของผังมโนทัศน์โดยทั่วไปทั้ง 4 รูปแบบ ได้แก่ รูปแบบ A-D ซึ่งแต่ละรูปแบบจะอธิบายระดับความซับซ้อนของกรอบความสัมพันธ์ในแต่ละผังมโนทัศน์ (1) รูปแบบ A หรือรูปแบบคู่ (Pairs model) ซึ่งอาจจะเป็นความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์เดี่ยว คู่ หรือสาม ซึ่งเป็นรูปแบบที่ง่ายที่สุด (2) รูปแบบ B หรือรูปแบบแตกกิ่ง (Spoke model) แสดงถึงรูปแบบความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนมากขึ้น โดยมีมโนทัศน์หลักที่เชื่อมโยงไปยังมโนทัศน์อื่น ๆ (3) รูปแบบ C หรือรูปแบบสายโซ่ (Chain model) แสดงความสัมพันธ์ที่ซับซ้อนและสัมพันธ์กับรูปแบบ B โดยมี 2-3 มโนทัศน์ที่เชื่อมโยงซึ่งกันและกัน (4) รูปแบบ D หรือ รูปแบบตาข่าย (Net model) แสดงเครือข่ายการแตกกิ่งเชื่อมโยงกันของมโนทัศน์แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจอย่างลึกซึ้ง

ตารางที่ 3 เกณฑ์การวิเคราะห์ผังมโนทัศน์โดยใช้ Unified model แสดงถึงลักษณะของการคิดเชิงระบบในการศึกษาชีววิทยา (Raved & Yarden, 2014)

องค์ประกอบของการคิดเชิงระบบ	**วิเคราะห์ผังมโนทัศน์**	**ทักษะการคิดเชิงระบบในวิชาชีววิทยา**	
		ระดับต่ำ	**ระดับสูง**
1. ความสามารถในการระบุองค์ประกอบของระบบ	- นับจำนวนมโนทัศน์ - จำแนกมโนทัศน์เป็นกลุ่มตามลำดับขั้นของการจัดระบบ	องค์ประกอบปรากฏอยู่ในระดับเดียวกัน	องค์ประกอบปรากฏอยู่ต่างระดับชั้นของการจัดระบบ
2. ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์อย่างง่ายระหว่างองค์ประกอบของระบบ	- นับจำนวนความสัมพันธ์อย่างง่าย - จำแนกความสัมพันธ์อย่างง่าย ตามลำดับขั้นของการจัดระบบ	ความสัมพันธ์อย่างง่ายปรากกอยู่ระดับชั้นเดียวกัน	ความสัมพันธ์อย่างง่ายปรากฏอยู่ต่างระดับชั้นของการจัดระบบ
3. ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์เชิงพลวัตระหว่างองค์ประกอบของระบบ	- นับจำนวนความสัมพันธ์เชิงพลวัต - จำแนกความสัมพันธ์เชิงพลวัต ตามลำดับขั้นของการจัดระบบ	ความสัมพันธ์เชิงพลวัตปรากฏอยู่ในระดับชั้นเดียวกัน	ความสัมพันธ์เชิงพลวัตปรากฏอยู่ต่างระดับชั้นของการจัดระบบ
4. ความสามารถในการจัดกรอบปฏิสัมพันธ์	- นับการเชื่อมโยง - จำแนกรูปแบบของมโนทัศน์ตามการเชื่อมโยงในผังมโนทัศน์	กรอบความสัมพันธ์อย่างง่าย คือ รูปแบบคู่ (Pairs) และรูปแบบแตกกิ่ง (Spoke)	กรอบความสัมพันธ์ที่มีความซับซ้อน คือ รูปแบบสายสายโซ่ (Chain) และรูปแบบตาข่าย (Net)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 4 รูปแบบกรอบปฏิสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ (Raved & Yarden, 2014)

ปแบบคู่ (pairs)	**รูปแบบแตกกิ่ง (spoke)**	**รูปแบบสายโซ่ (Chain)**	**รูปแบบตาข่าย (Net)**
			
เป็นรูปแบบที่ซับซ้อนน้อยที่สุด แสดงความสัมพันธ์ระหว่าง 2 มโนทัศน์ ไม่ได้เชื่อมโยงระหว่างโครงสร้างอื่น	เป็นรูปแบบที่มีมโนทัศน์เป็นจุดเชื่อมโยงต่อไปยังมโนทัศน์อื่น ๆ	เป็นรูปแบบที่ประกอบไปด้วยหลายมโนทัศน์เชื่อมต่อกันเป็นลำดับขั้น	เป็นรูปแบบที่เชื่อมโยงทั้งเชิงโครงสร้างและกระบวนการซับซ้อนที่สุด มีลักษณะคล้ายรูปแบบกิ่ง แต่มีมโนทัศน์ศูนย์กลางมากกว่า 1 มโนทัศน์

อิทธิศักดิ์ ศิริจันทร์ (2559) ได้พัฒนาแบบประเมินการคิดเชิงระบบจากแนวคิดการวิเคราะห์ผังมโนทัศน์โดยใช้ Unified model ของ Raved and Yarden (2014) นำไปใช้ในการตรวจและให้คะแนนผังมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้น เพื่อประเมินระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบภายหลังจากที่นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ (1) แผนผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ และ (2) เกณฑ์การให้คะแนนผังมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้นเป็นรายบุคคล มีรายละเอียดแสดงภาพที่ 3-6

แบบประเมินการคิดเชิงระบบ

แบบประเมินการคิดเชิงระบบ ใช้สำหรับการตรวจและให้คะแนนผังมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้น เพื่อประเมินระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบหลังเสร็จสิ้นการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ ประกอบด้วย 2 ส่วน ดังนี้

1. แผนผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

แผนผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้เป็นตัวกำหนดเกณฑ์การตัดสินการให้คะแนน โดยมีองค์ประกอบที่ปรากฏในแผนผัง ดังนี้

1.1 มโนทัศน์ คือ คำที่ปรากฏในปรอบวงรีเส้นทึบ ประกอบด้วยต่อมไร้ท่อต่าง ๆ สมองส่วนไฮโพทาลามัส ระบบหมุนเวียนเลือด และตัวรับฮอร์โมนที่เซลล์เป้าหมาย

1.2 เส้นเชื่อมโยงแบบเส้นทึบ คือ เส้นที่มีหัวลูกศรแบบเส้นทึบลากเชื่อมระหว่างมโนทัศน์สำหรับแสดงความสัมพันธ์พื้นฐาน

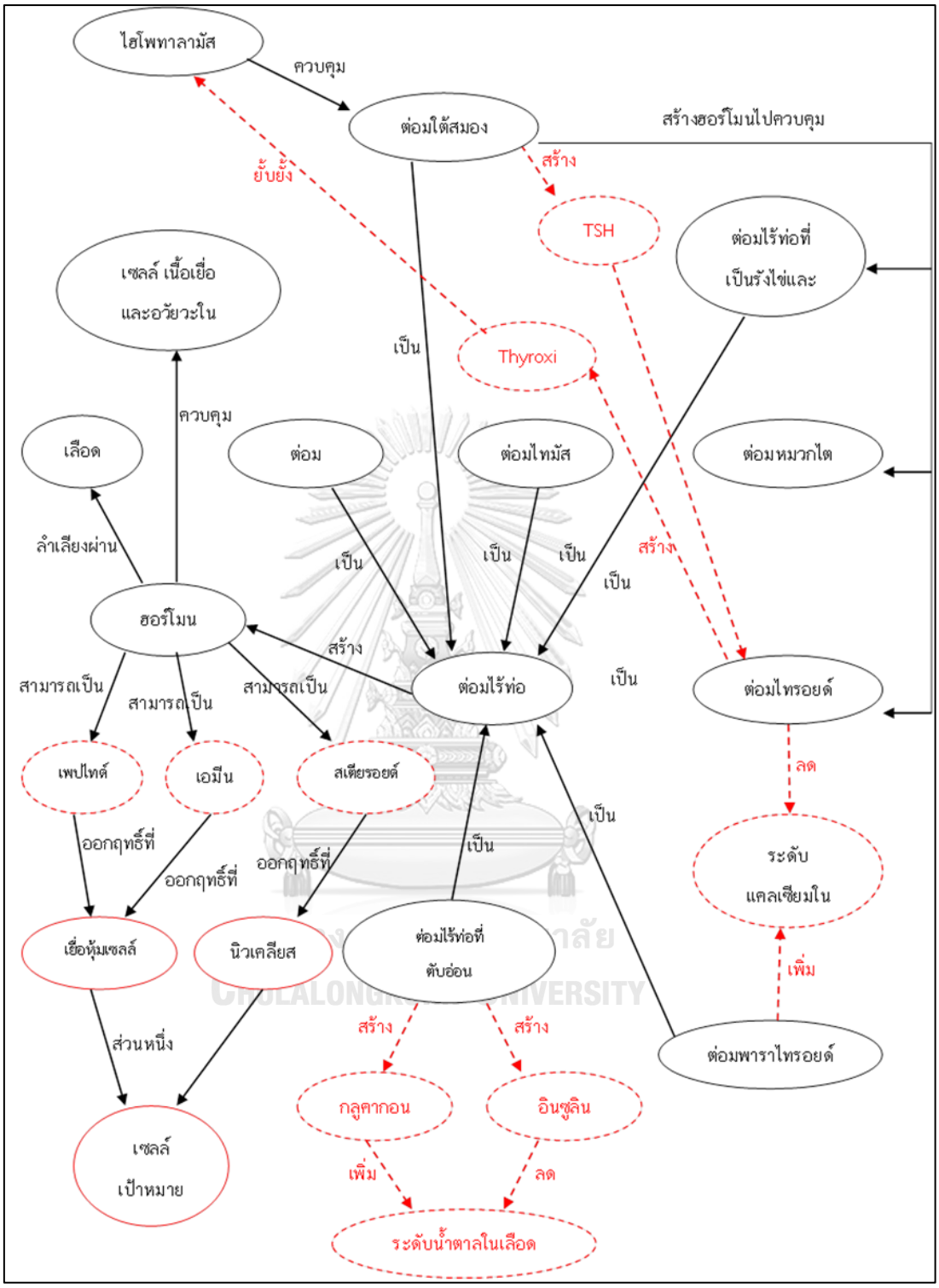
1.3 เส้นเชื่อมโยงแบบเส้นประ คือ เส้นที่มีหัวลูกศรแบบเส้นประลากเชื่อมระหว่างมโนทัศน์สำหรับแสดงความสัมพันธ์เชิงพลวัต

1.4 การจัดกรอบมโนทัศน์ คือ รูปแบบของการลากเส้นเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ที่ปรากฏในแผนผัง ทั้งหมดมี 4 รูปแบบ คือ (1) แบบเส้นตรง (2) แบบแตกกิ่ง (3) แบบสายโซ่ และ (4) แบบเครือข่าย

2. เกณฑ์การให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้นรายบุคคล

เกณฑ์การให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้นรายบุคคล เป็นเกณฑ์สำหรับตรวจให้คะแนนโดยยึดองค์ประกอบที่ปรากฏในแผนผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นตัวกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน ทั้งนี้ในการตรวจให้คะแนนขึ้นอยู่กับวิจารณญาณของผู้ประเมินในการตัดสิน

ภาพที่ 3 รายละเอียดส่วนประกอบของแบบประเมินการคิดเชิงระบบ (อิทธิศักดิ์ ศิริจันทร์, 2559)



ภาพที่ 4 ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ (อิทธิศักดิ์ ศิริจันทร์, 2559)

เณฑ์การให้คะแนนแผนผังมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้นรายบุคคล

1. การระบุองค์ประกอบในระบบ มีคะแนนเต็ม 28 คะแนน โดยแบ่งเป็น (1) คะแนนการระบุองค์ประกอบ 16 คะแนน ได้แก่ การระบุต่อมไร้ท่อ 12 ต่อม ระบุสมองส่วนไฮโพทาลามัส ระบุวงจรการไหลเวียนเลือด และการระบุตัวฮอร์โมนที่เซลล์เป้าหมาย 2 ชนิด (2) คะแนนการจัดระดับองค์ประกอบในระบบ 12 คะแนน คือ ปรากฏองค์ประกอบในระดับอวัยวะ ได้แก่ ต่อมไร้ท่อต่าง ๆ สมองส่วนไฮโพทาลามัส และวงจรการไหลเวียนเลือด ได้ 6 คะแนน และปรากฏองค์ประกอบในระดับเซลล์ ได้แก่ ตัวรับฮอร์โมนที่เซลล์เป้าหมาย ได้ 6 คะแนน

2. การระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน มีคะแนนเต็ม 18 คะแนน โดยแบ่งเป็น (1) ปรากฏเส้นเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบในระดับเดียวกัน ได้ 2 คะแนน เนื่องจากมีคู่ต่อมไร้ท่อกับอวัยวะที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 12 คู่ เช่น ต่อมใต้สมองกับต่อมไทรอยด์ ต่อมใต้สมองกับรังไข่ ต่อมหมวกไตชั้นนอกกับหน่วยไต ฯลฯ (2) ปรากฏเส้นเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบคนละระดับ ได้ 6 คะแนน เนื่องจากมีต่อมไร้ท่อกับตัวรับฮอร์โมนที่เซลล์เป้าหมายที่เกี่ยวข้องกันทั้งหมด 6 คู่ ได้แก่ ไฮโพทาลามัสกับตัวรับฮอร์โมนที่ต่อมใต้สมอง ไฮโพทาลามัสกับตัวรับฮอร์โมนที่เซลล์ในร่างกาย ต่อมใต้สมองกับตัวรับฮอร์โมนที่ต่อมไร้ท่อ ต่อมใต้สมองกับตัวรับฮอร์โมนที่เซลล์ในร่างกาย ต่อมไร้ท่อกับตัวรับฮอร์โมนที่ไม่ใช่เสตียรอยด์ และต่อมไร้ท่อกับตัวรับฮอร์โมนเสตียรอยด์

3. การระบุความสัมพันธ์เชิงพลวัต มีคะแนนเต็ม 6 คะแนน โดยแบ่งเป็น (1) ปรากฏเส้นเชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงพลวัตระหว่างองค์ประกอบในระดับเดียวกัน ได้ 4 คะแนน เนื่องจากมีคู่ต่อมไร้ท่อกับอวัยวะที่เกี่ยวข้องทั้งหมด 4 คู่ คือ ต่อมใต้สมองส่วนหน้ากับต่อมใต้สมองไทรอยด์ ต่อมไทรอยด์กับต่อมพาราไทรอยด์ ต่อมใต้สมองส่วนหลังกับท่อหน่วยไต และต่อมใต้สมองส่วนหลังกับต่อน้ำนม (2) ปรากฏเส้นเชื่อมโยงระหว่างความสัมพันธ์เชิงพลวัตระหว่างองค์ประกอบคนละระดับ ได้ 2 คะแนน ได้แก่ ตับอ่อนกับโมเลกุลของกลูโคสในเลือด และต่อมพาราไทรอยด์กับไอออนของแคลเซียมในเลือด

4. การสร้างกรอบปฏิสัมพันธ์ มีคะแนนเต็ม 4 คะแนน โดยการแบ่งให้คะแนนเป็นดังนี้ (1) การสร้างกรอบปฏิสัมพันธ์แบบเส้นตรง ได้ 1 คะแนน (2) การสร้างกรอบปฏิสัมพันธ์แบบแตกกิ่ง ได้ 2 คะแนน (3) การสร้างกรอบปฏิสัมพันธ์แบบสายโซ่ ได้ 3 คะแนน และ (4) การสร้างกอบปฏิสัมพันธ์แบบเครือข่าย ได้ 4 คะแนน

ภาพที่ 5 เกณฑ์การให้คะแนนผังมโนทัศน์ เรื่อง ต่อมไร้ท่อ ที่นักเรียนสร้างขึ้นรายบุคคล (อิทธิศักดิ์ ศิริจันทร์, 2559)

องค์ประกอบ	ระดับความสามารถและช่วงคะแนน		
	ไม่มีความสามารถ	มีความสามารถ	
		ระดับพื้นฐาน (ร้อยละ 1-74)	ระดับสูง (ร้อยละ 75 ขึ้นไป)
การระบุองค์ประกอบ	0	1-20	21-28
การระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน	0	1-13	14-18
การระบุความสัมพันธ์เชิงพลวัต	0	1-4	5-6
การสร้างกรอบปฏิสัมพันธ์	0	1-2	3-4

ภาพที่ 6 แสดงเกณฑ์ระดับความสามารถและช่วงคะแนน (อิทธิศักดิ์ ศิริจันทร์, 2559)

จากแบบประเมินการคิดเชิงระบบของ อิทธิศักดิ์ ศิริจันทร์ (2559) พบว่า การสร้างผังมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ของผู้วิจัย แล้วจึงนำมาวิเคราะห์องค์ประกอบของผังมโนทัศน์ตามองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบและจัดทำเป็นเกณฑ์ที่มีรายการตรวจสอบผังมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้นในแต่ละองค์ประกอบอย่างชัดเจน ส่งผลให้มีความเที่ยงในการประเมิน สอดคล้องกับค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินที่อยู่ในระดับสูง เมื่อพิจารณาระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบและช่วงคะแนน พบว่า ระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบแบ่งเป็น 3 ระดับ ได้แก่ ไม่มีความสามารถ มีความสามารถระดับพื้นฐาน และระดับสูง โดยกำหนดช่วงคะแนนในแต่ละระดับไม่เท่ากัน นักเรียนที่มีคะแนนเท่ากับ 0 แสดงว่าไม่มีความสามารถ นักเรียนที่มีช่วงคะแนนร้อยละ 1-74 มีความสามารถในระดับพื้นฐาน ในขณะที่นักเรียนที่มีช่วงคะแนนร้อยละ 75 ขึ้นไป มีความสามารถระดับสูง ผลการวิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับพื้นฐาน

เมื่อพิจารณาเกณฑ์การประเมินสมรรถนะที่สำคัญของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 พบว่า เกณฑ์การประเมินในแต่ละองค์ประกอบแบ่งออกเป็น 4 ระดับ คือ ระดับดีเยี่ยม ระดับดี ระดับพอใช้หรือผ่านเกณฑ์ และระดับปรับปรุง โดยเกณฑ์การให้คะแนนแต่ละองค์ประกอบได้แก่ ระดับดีมากได้ 3 คะแนน ระดับดีได้ 2 คะแนน ระดับพอใช้ได้ 1 คะแนน และระดับปรับปรุงได้ 0 (สำนักงานทดสอบทางการศึกษา, 2555)

ชนาธิป โหตรภวานนท์ (2559) ปรับปรุงเกณฑ์การประเมินการคิดเชิงระบบจากเกณฑ์การประเมินสมรรถนะสำคัญของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน โดยแบ่งระดับความสามารถในแต่ละองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบเป็น 4 ระดับ ได้แก่ ระดับดีมากได้ 3 คะแนน ระดับดีได้ 2 คะแนน ระดับพอใช้ได้ 1 คะแนน และระดับปรับปรุงได้ 0 คะแนน และนำคะแนนเฉลี่ยรวมมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์เพื่อประเมินระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียน

ระดับการคิด	ช่วงคะแนน
ดีมาก	10-12
ดี	7-9
พอใช้	4-6
ปรับปรุง	0-3

ภาพที่ 7 แสดงเกณฑ์ระดับความสามารถและช่วงคะแนน (ชนาธิป โหตรภวานนท์, 2559)

จากเกณฑ์การประเมินการคิดเชิงระบบของ ชนาธิป โหตรภวานนท์ (2559) นักเรียนที่ได้ 0 คะแนน แสดงว่าไม่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบ ซึ่งจัดอยู่ในระดับปรับปรุงเช่นเดียวกับนักเรียนที่ได้คะแนน 1 ถึง 3 คะแนน เกณฑ์การประเมินควรให้นักเรียนที่ได้ 0 คะแนนอยู่ในระดับที่ไม่มีความสามารถ และนักเรียนที่ได้คะแนนตั้งแต่ 1 คะแนนขึ้นไปจัดอยู่ในระดับที่มีความสามารถแตกต่างกันไปตามระดับการคิด ได้แก่ ระดับปรับปรุง ระดับพอใช้ ระดับดี และระดับดีมาก

อย่างไรก็ตาม งานวิจัยของ อิทธิศักดิ์ ศิริจันทร์ (2559) และ ชนาธิป โหตรภวานนท์ (2559) ศึกษาความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนในเนื้อหาเพียงหัวข้อเดียว จึงสามารถนำคะแนนจากการตรวจผังมโนทัศน์มาใช้ในการวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยและเปรียบเทียบกับเกณฑ์การประเมินเพื่อบอกระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนได้

3. วัฏจักรการเรียนรู้ 5E

การศึกษาเกี่ยวกับวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ประกอบด้วย 3 ประเด็นหลัก ได้แก่ (1) ทฤษฎีสนับสนุนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E (2) ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยด้วย

วัฏจักรการเรียนรู้ 5E และ (3) บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E

3.1 ทฤษฎีสนับสนุนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E

วัฏจักรการเรียนรู้ 5E (5E learning cycle) เป็นรูปแบบหนึ่งของการจัดการเรียนรู้ตามแนวคิดของการสืบสอบ ซึ่งเป็นการจัดการเรียนรู้โดยให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าและสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านประสบการณ์ตรง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และกระบวนการทางความคิด ครูมีหน้าที่เป็นผู้อำนวยการเรียนรู้และใช้คำถามกระตุ้นความสนใจของนักเรียน รวมทั้งเปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในกิจกรรมและกระบวนการคิดที่หลากหลายคล้ายกับการศึกษาค้นคว้าของนักวิทยาศาสตร์ (พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2544) การจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบนั้นมีรากฐานมาจากทฤษฎีสรรคนิยม (Constructivism) (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2549) โดยผู้สอนมีหน้าที่จัดกิจกรรมการเรียนรู้และสภาพแวดล้อมที่ก่อให้เกิดความขัดแย้งทางสติปัญญาหรือภาวะไม่สมดุลทางปัญญา (Disequilibrium) ทำให้นักเรียนต้องพยายามปรับโครงสร้างทางปัญญาเพื่อกลับเข้าสู่ภาวะสมดุล (Equilibrium) โดยอาศัยกระบวนการทางสติปัญญาตามทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget's Theory of Cognitive Development) ได้แก่ กระบวนการดูดซึม (Assimilation) ซึ่งเป็นกระบวนการที่รับนำประสบการณ์ใหม่มาเชื่อมโยงเข้ากับประสบการณ์เดิม และกระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นเมื่อบุคคลรับประสบการณ์ใหม่เข้าไป และเชื่อมโยงเข้ากับประสบการณ์เดิมจึงจะก่อให้เกิดการเรียนรู้ของนักเรียน (ทิศนา แขมมณี, 2558)

Chulalongkorn University

3.2 ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E

นักการศึกษาและหน่วยงานด้านการศึกษาได้พัฒนาและนำเสนอรูปแบบวงจรการเรียนรู้ที่นำไปใช้ในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ไว้หลากหลาย ก่อนที่จะพัฒนาเป็นวัฏจักรการเรียนรู้ 5E (5E Instructional Model) ที่รู้จักกันในปัจจุบัน โดยสามารถสรุปการพัฒนารูปแบบวงจรการเรียนรู้ได้ตามลำดับดังนี้

ในช่วงปลาย ค.ศ. 1950 ถึง ค.ศ. 1960 วงจรการเรียนรู้ได้ถูกพัฒนาและนำมาใช้ในโปรแกรมการปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ของประเทศสหรัฐอเมริกา (The Science Curriculum Improvement Study: SCIS) ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน (Bybee et al., 2006)

1) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) นักเรียนได้รับประสบการณ์ใหม่เกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ

2) ขั้นสร้าง (Invention) นักเรียนได้เรียนรู้นิยามศัพท์ที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ใหม่ที่ต้องการศึกษา

3) ขั้นค้นพบ (Discovery) นักเรียนสามารถประยุกต์ใช้มโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้แล้วกับสถานการณ์ใหม่

จนกระทั่งในปี ค.ศ. 1980 หน่วยงานด้านการศึกษาและการจัดทำหลักสูตรวิทยาศาสตร์สาขาชีววิทยา (Biological Science Curriculum Study: BSCS) ได้พัฒนารูปแบบวงจรการเรียนรู้กลายเป็น 5 ขั้นตอน (Bybee et al., 2006) โดยมีขั้นสร้างความสนใจและขั้นประเมินผลเพิ่มขึ้นมา นอกจากนี้ขั้นสร้างได้พัฒนาเป็นขั้นสร้างคำอธิบายและลงข้อสรุป โดยแต่ละขั้นมีรายละเอียด ดังนี้ (Llewellyn, 2005)

1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) ครูนำเสนอเหตุการณ์หรือสถานการณ์ที่ทำให้เกิดความขัดแย้งทางความคิด (Cognitive dissonance or Disequilibrium) และกระตุ้นความสนใจทำให้นักเรียนต้องการเรียนรู้ ครูให้นักเรียนร่วมกันแบ่งปันความรู้เดิมเกี่ยวกับหัวข้อที่จะศึกษา ซึ่งทำให้ครูทราบถึงความรู้เดิมและมโนทัศน์ที่ผิดพลาดของนักเรียน เพื่อนำไปสู่การแก้ไขต่อไป

2) ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นตอนที่นักเรียนกำหนดคำถาม สร้างและตรวจสอบสมมติฐาน นักเรียนจะต้องเก็บรวบรวมข้อมูล หลักฐาน และทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม

3) ขั้นสร้างคำอธิบายแลงข้อสรุป (Explanation) นักเรียนนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์และแปลผล พร้อมทั้งลงข้อสรุปเพื่อสร้างคำอธิบายของปัญหาหรือคำถามสำคัญที่ศึกษาตามความเข้าใจด้วยภาษาของนักเรียนเอง ครูนำเสนอนิยามศัพท์และคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้กับนักเรียน พร้อมทั้งนำสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้แล้วมาอธิบายมโนทัศน์ของสิ่งที่กำลังศึกษา และระบุมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนเดิมของนักเรียน จากหลักฐานที่นักเรียนได้ทำการศึกษาและมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นใหม่ (Concept development) นักเรียนจะเกิดกระบวนการดูดซึม (Assimilation) และ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

กระบวนการปรับโครงสร้างทางปัญญา (Accommodation) ทำให้สามารถสร้างความเข้าใจที่ถูกต้องเพื่อกลับเข้าสู่ภาวะสมดุลทางปัญญาอีกครั้ง

4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration or Extension) ครูส่งเสริมให้นักเรียนนำมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้กับสถานการณ์ใหม่และเป็นสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับโลกปัจจุบันภายนอกห้องเรียน ซึ่งอาจเป็นประเด็นคำถามที่นักเรียนสงสัยเพิ่มเติมขณะทำการศึกษาค้นคว้าในขั้นตอนก่อนหน้า

5) ขั้นประเมินผล (Evaluation) ครูนำนักเรียนสรุปสิ่งที่ได้เรียนรู้ด้วยการใช้คำถามอย่างเป็นลำดับขั้นตอนเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถตัดสิน วิเคราะห์และประเมินสิ่งที่ตนได้เรียนรู้และปฏิบัติ การประเมินการผลการเรียนรู้และความสามารถของนักเรียนในการเปิดโอกาสให้ครูประเมินนักเรียนตามวัตถุประสงค์การเรียนรู้ที่กำหนด รวมทั้งให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมินตนเอง

3.3 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E

การจัดการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ให้มีประสิทธิภาพจำเป็นต้องทราบและเข้าใจถึงบทบาทของครูและนักเรียนก่อน โดยบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบวงจรการเรียนรู้ 5 ขั้นตอน มีรายละเอียดดังแสดงในตารางที่ 5

ตารางที่ 5 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนการสอนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E (Llewellyn, 2005)

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	1. กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจและความอยากรู้อยากเห็น โดยใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนคิดตาม 2. กระตุ้นให้นักเรียนคิดเกี่ยวกับประเด็นปัญหา	1. ถามคำถาม เช่น ทำไมจึงเป็นเช่นนี้ ฉันเรียนรู้อะไรเกี่ยวกับสิ่งนี้บ้าง 2. แสดงความสนใจต่อประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Explanation)	1. ส่งเสริมให้นักเรียนสำรวจและสืบสอบเพื่อหาคำตอบของปัญหา 2. สังเกตและฟังการมีปฏิสัมพันธ์กันของนักเรียน 3. ใช้คำถามเพื่อนำไปสู่การตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน 4. ให้เวลากับนักเรียนในการคิดและสอบถามข้อสงสัยต่าง ๆ 5. ให้คำปรึกษาแก่นักเรียน	1. สำรวจหรือทำการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานที่สร้างขึ้นจากประเด็นปัญหาที่สนใจ 2. เป็นผู้ฟังที่ดี แบ่งปันความคิดเห็นและตัดสินใจร่วมกับผู้อื่น 3. อภิปรายและร่วมกันหาแนวทางแก้ปัญหา 4. บันทึกผลการสังเกตและลงความเห็นข้อมูล
3. ขั้นสร้างคำอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)	1. ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายมโนทัศน์และให้คำจำกัดความด้วยตนเอง 2. ให้นักเรียนแสดงถึงหลักฐานพร้อมทั้งคำชี้แจง 3. นำเสนอคำจำกัดความ คำอธิบายและคำศัพท์ที่เป็นทางการกับนักเรียน 4. ให้นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมของตนเองเป็นพื้นฐานในการอธิบายมโนทัศน์	1. อธิบายแนวทางการแก้ไขหรือหาคำตอบที่เป็นไปได้ 2. ฟังผู้อื่นอธิบายอย่างตั้งใจ 3. ถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่ผู้อื่นอธิบาย 4. ฟังและพยายามทำความเข้าใจในสิ่งที่ครูอธิบาย 5. อ้างอิงถึงกิจกรรมที่ปฏิบัติมาแล้ว 6. นำสิ่งที่ได้จากการบันทึกการสังเกตมาใช้อธิบาย
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)	1. ให้นักเรียนนำคำจำกัดความและคำอธิบายที่ได้เรียนรู้แล้วไปประยุกต์ใช้ 2. ส่งเสริมให้นักเรียนนำมโนทัศน์และทักษะที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ ๆ 3. ย้ำเตือนให้นักเรียนนำคำอธิบาย	1. ประยุกต์ใช้ชื่อ คำจำกัดความและคำอธิบายกับสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายคลึงกับสถานการณ์เดิม 2. ใช้ข้อมูลและความรู้ที่มีอยู่ในการกำหนดประเด็นปัญหาที่ต้องการศึกษาเพิ่มเติม 3. ตรวจสอบความเข้าใจใน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
	ไปใช้กับเหตุการณ์อื่น ๆ อีก 4. ให้นักเรียนแสดงข้อมูลที่มีอยู่ พร้อมทั้งแสดงหลักฐานและใช้คำถามถามสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ไป	กลุ่มเพื่อน
5. ขั้นประเมินผล (Evaluation)	1. สังเกตการณ์นำความรู้และทักษะที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ 2. ประเมินความรู้และทักษะของนักเรียน พร้อมทั้งรวบรวมหลักฐานที่แสดงถึงพฤติกรรมการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นในนักเรียน 3. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการประเมินตนเอง 4. ใช้คำถามปลายเปิด เช่น ทำไมนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับอะไรบ้าง	1. ตอบคำถามปลายเปิด โดยอาศัยการสังเกต หลักฐาน และคำอธิบายที่ได้รับการยอมรับมาแล้ว 2. แสดงออกถึงความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์หรือทักษะที่ได้เรียนรู้ไปแล้ว 3. ประเมินความก้าวหน้าและผลการเรียนรู้ด้วยตนเอง 4. ถามคำถามที่เกี่ยวข้อง ส่งเสริมให้เกิดการศึกษาต่อในอนาคต

4. การใช้ผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

เทคนิคการสอนหมายถึงกลวิธีต่าง ๆ ที่ใช้เสริมกระบวนการสอน ขั้นตอนการสอนหรือการกระทำต่าง ๆ ในการสอนให้มีคุณภาพและประสิทธิภาพเพิ่มขึ้น (ทิศนา แขมมณี, 2558) เทคนิคการสอนมีหลากหลายเทคนิค โดยเทคนิคผังกราฟิกนั้นเป็นการนำผังกราฟิกมาใช้นำเสนอข้อมูลหรือความรู้ความเข้าใจที่เป็นนามธรรม ออกมาเป็นแผนผังหรือแผนภาพที่เป็นรูปธรรม ซึ่งข้อมูลที่นำเสนอนั้นผ่านการจัดกระทำและแสดงความสัมพันธ์อย่างเป็นระบบ (Beissner et al., 1994; Clarke, 1991; ทิศนา แขมมณี, 2558) โดยนิยมใช้เส้นตรง กล่องข้อความและสัญลักษณะอื่น ๆ ในการสื่อความหมายข้อมูล ซึ่งสามารถนำเสนอได้หลากหลายรูปแบบตามความเหมาะสม

เทคนิคการใช้ผังกราฟิกเป็นเทคนิคการสอนหนึ่งที่นำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อส่งเสริมกระบวนการคิด เนื่องจากผังกราฟิกเป็นแผนผังทางความคิด ซึ่งประกอบไปด้วยความคิดหรือข้อมูล

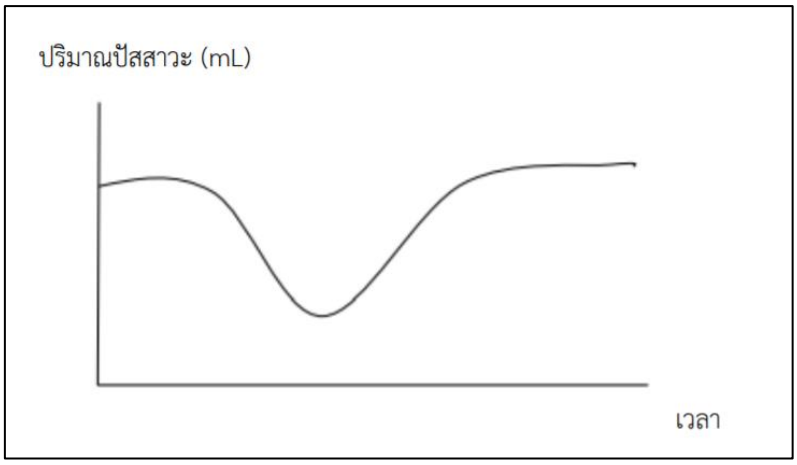
สำคัญที่เชื่อมโยงกันอยู่ในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งทำให้เห็นโครงสร้างทางความรู้หรือเนื้อหาสาระนั้น ๆ การใช้ผังกราฟิกเป็นเทคนิคที่ช่วยให้นักเรียนจัดข้อมูลให้เป็นระบบอยู่ในรูปแบบที่สามารถเข้าใจเนื้อหาสาระจำนวนมากได้โดยง่าย (ทิศนา แขมมณี, 2558) เทคนิคการใช้ผังกราฟิกจึงเป็นเทคนิคที่มีประสิทธิภาพในการช่วยให้นักเรียนพัฒนาความสามารถในการจัดกระทำข้อมูลและการคิดเชิงระบบ รวมทั้งมองเห็นความสัมพันธ์แบบองค์รวมระหว่างมโนทัศน์ (McTighe & Lyman Jr, 1988)

ผังกราฟิกมีหลากหลายรูปแบบแตกต่างกันไปตามวัตถุประสงค์ในการนำไปใช้ จากการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า ผังกราฟิกที่สามารถนำมาใช้ในการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบ ได้แก่ (1) กราฟเส้นแสดงการเปลี่ยนแปลงตามเวลา (Behavior Over Time Graph : BOTG) (Richmond, 1997) (2) ผังวงจรเชิงสาเหตุ (Causal chain map) (Richmond, 1997) และ (3) ผังมโนทัศน์ (Concept map) (ฤทัยรัตน์ ชิดมงคล และสมยศ ชิดมงคล, 2560) โดยมีรายละเอียดดังนี้

4.1 กราฟเส้นแสดงการเปลี่ยนแปลงตามเวลา

การคิดเชิงพลวัต (Dynamic thinking) และการคิดเชิงปริมาณ (Quantitative thinking) เป็นทักษะการคิดพื้นฐานของการคิดเชิงระบบ เนื่องจากช่วยให้สามารถเข้าใจและอธิบายรูปแบบการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการในระบบที่เกิดขึ้นในแต่ละช่วงเวลา ทำให้มองเห็นความสัมพันธ์ที่เกิดขึ้นภายในระบบได้ ทักษะนี้สามารถพัฒนาได้โดยการฝึกเขียนและอธิบายกราฟที่แสดงถึงการเปลี่ยนแปลงตามเวลาของกระบวนการหรือหรือความสัมพันธ์ภายในระบบ หรือการเลือกข่าวหรือสถานการณ์ในชีวิตประจำวันที่น่าสนใจ หรือเป็นการใช้ข้อมูลในเชิงตัวเลขหรือปริมาณ เพื่อแสดงให้เห็นทิศทางหรือแนวโน้มของความสัมพันธ์ แล้วให้นักเรียนคาดเดาเกี่ยวกับแนวโน้มของสถานการณ์ที่จะเกิดขึ้นในอนาคต (Richmond, 1997) โดยกราฟเส้นแสดงการเปลี่ยนแปลงตามเวลานั้นจะแสดงตัวแปรหรือองค์ประกอบที่สนใจอยู่ในแนวแกน Y และแสดงการเปลี่ยนแปลงของเวลาในแนวแกน X การใช้กราฟนี้จะเป็นเครื่องมือการช่วยให้นักเรียนเข้าใจระบบที่มีความซับซ้อน โดยช่วยกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับระบบในมุมมองที่แตกต่างกันออกไป ตามตัวแปรหรือองค์ประกอบที่พิจารณา นำไปสู่การมองระบบแบบภาพรวม (Calancie et al., 2018)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



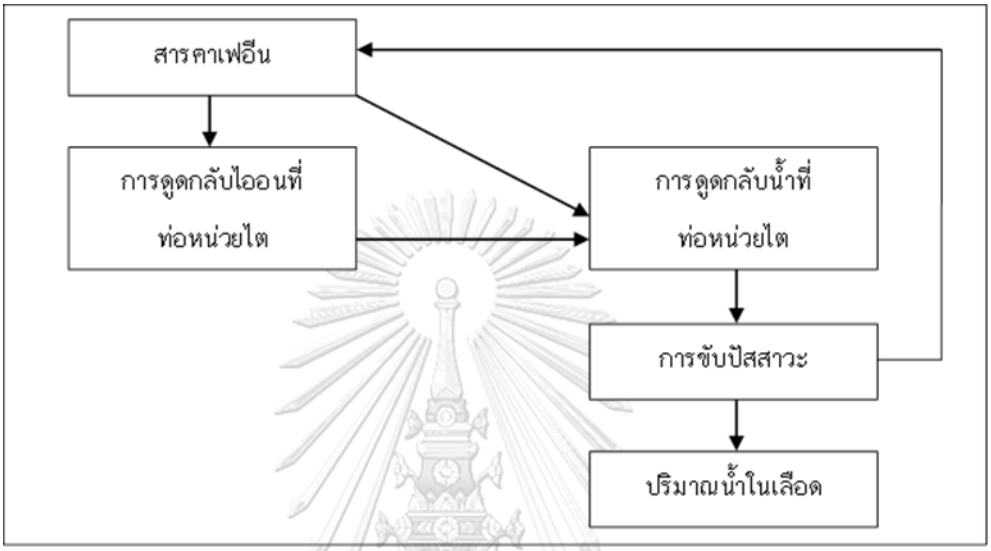
ภาพที่ 8 กราฟเส้นแสดงการเปลี่ยนแปลงตามเวลาแสดงปริมาณปัสสาวะหลังจากดื่มน้ำจำนวนมาก

การใช้กราฟเส้นแสดงการเปลี่ยนแปลงตามเวลาช่วยสร้างความเข้าใจร่วมกันเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงเชิงพลวัตของระบบ โดยมีแนวทางการนำไปใช้ เริ่มต้นจากนักเรียนภายในกลุ่มร่วมกันเลือกการเปลี่ยนแปลงที่น่าสนใจของระบบ หลังจากนั้นสมาชิกแต่ละคนเลือกตัวแปรหรือองค์ประกอบที่สนใจซึ่งสะท้อนให้เห็นถึงการเปลี่ยนแปลง วาดกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงตามเวลาและอธิบายแนวโน้มของระบบในอนาคตหรือคาดเดาสิ่งที่อาจเกิดขึ้นภายใต้สถานการณ์ต่าง ๆ แล้วให้นักเรียนร่วมกันอภิปรายว่าตัวแปรหรือองค์ประกอบใดมีแนวโน้มส่งผลกระทบต่อระบบมากที่สุด (Calancie et al., 2018)

4.2 ผังวงจรเชิงสาเหตุ

จากการอภิปรายเกี่ยวกับตัวแปรหรือองค์ประกอบที่ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงของระบบจะนำมาสู่การพัฒนาการคิดเชิงสาเหตุ (System-as-cause thinking) ซึ่งเป็นการคิดหาปัจจัยสาเหตุที่มีผลต่อสมดุลหรือกระบวนการที่เกิดขึ้นในระบบ โดยการอธิบายจากโครงสร้างความสัมพันธ์ภายในระบบมากกว่าปัจจัยภายนอกที่ส่งผลต่อระบบ และการคิดแบบวงจร (Closed-loop thinking) เป็นการมองเห็นความสัมพันธ์ในรูปของวงจร ฝึกการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบในระบบอาจไม่ได้มีความสัมพันธ์กันในทิศทางเดียว แต่ผลจากองค์ประกอบหนึ่งสามารถกลับไปมีผลยังองค์ประกอบที่เป็นสาเหตุก็ได้ (Richmond, 1997) โดยอาศัยผังวงจรเชิงสาเหตุ (Casual Chain Map) ช่วยให้นักเรียนสามารถสังเกตเห็นหรือสร้างโมเดลแสดงกระบวนการที่เกิดขึ้น สามารถนำไปประยุกต์ใช้ในการเรียนการสอน โดยให้นักเรียนสร้าง เพื่อใช้ประกอบการอภิปราย (Clarke, 1991)

ผังวงจรเชิงสาเหตุประกอบด้วยองค์ประกอบพื้นฐาน 4 ประการ ได้แก่ องค์ประกอบของระบบ ความสัมพันธ์เชื่อมโยง เครื่องหมายบนเส้นเชื่อมโยงที่บอกถึงลักษณะความสัมพันธ์ และเครื่องหมายของวงจรที่แสดงประเภทของพฤติกรรม โดยวงจรที่สมดุลจะพยายามควบคุมสภาพที่ต้องการไว้ (Lannon, 2012)



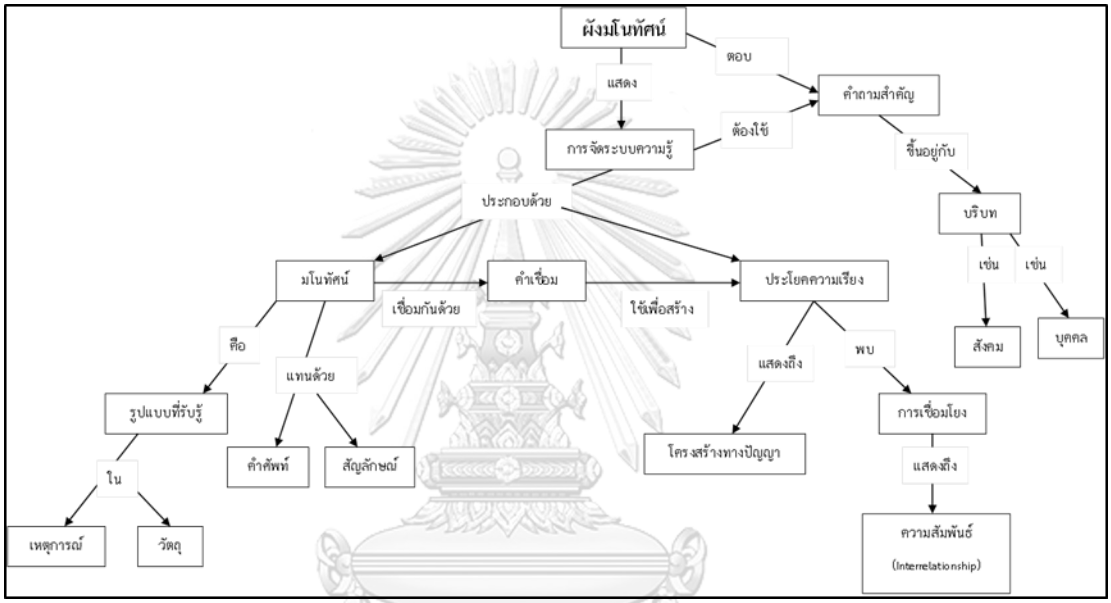
ภาพที่ 9 ผังวงจรเชิงสาเหตุเกี่ยวกับคาเฟอีน (สารไดยูเรติก) ที่มีผลต่อการขับปัสสาวะ

4.3 ผังมโนทัศน์

ผังมโนทัศน์เป็นผังกราฟิกที่ช่วยให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ที่สนใจกับมโนทัศน์อื่น ๆ ซึ่งเป็นผังกราฟิกที่นิยมใช้กันอย่างแพร่หลาย (Clarke, 1991) การเขียนผังมโนทัศน์นั้นจะมีมโนทัศน์อยู่ในกรอบวงกลม วงรีหรือสี่เหลี่ยม มีการโยงความสัมพันธ์ระหว่างสองมโนทัศน์ด้วยเส้นเชื่อมและมีคำหรือวลีกำกับแสดงความสัมพันธ์ที่เส้นเชื่อม ผังมโนทัศน์สามารถเขียนได้หลากหลายรูปแบบ โดยผังมโนทัศน์มักจะแสดงมโนทัศน์หรือความคิดรวบยอดใหญ่ไว้ตรงกลาง และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ใหญ่และมโนทัศน์ย่อย ๆ เป็นลำดับขั้นด้วยเส้นเชื่อมโยง (Gowin & Novak, 1984; Novak, 2002) ผังมโนทัศน์แตกต่างกับแผนผังความคิด โดยแผนผังความคิดจะมีมโนทัศน์หลักเพียงแค่ 1 มโนทัศน์แล้วแตกแขนงออกไปเชื่อมโยงกับมโนทัศน์อื่น ๆ ในขณะที่ผังมโนทัศน์สามารถมีมโนทัศน์หลักได้หลายมโนทัศน์ (ทิศนา แขมมณี, 2558)

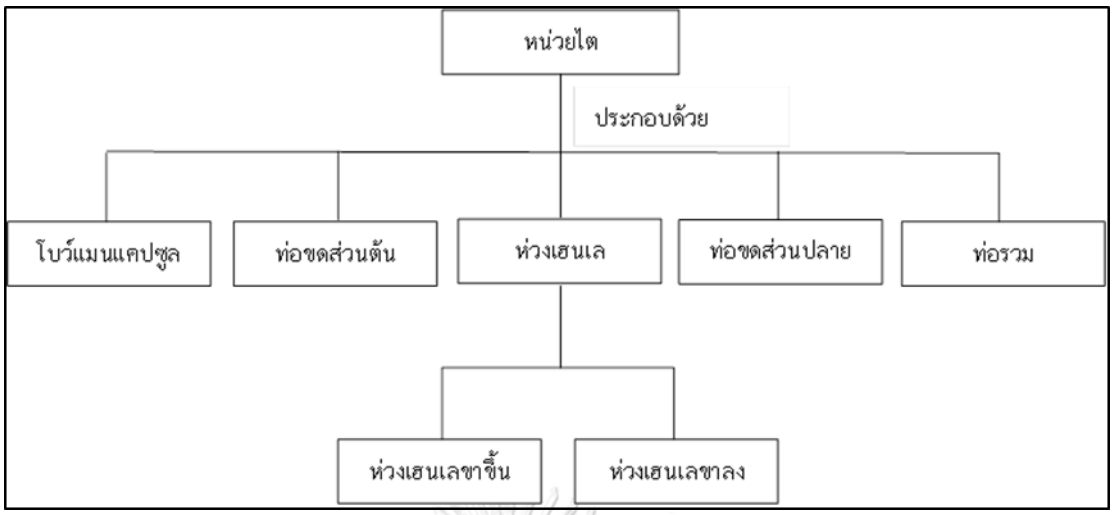
การสร้างผังมโนทัศน์ที่ดีนั้นจำเป็นต้องอาศัยความรู้พื้นฐานและคำถามสำคัญ (Focus question) ในการกระตุ้นการจัดระบบและเชื่อมโยงข้อมูลตามบริบทของสถานการณ์ปัญหาที่กำหนด

เพื่อตอบคำถาม โดยคำถามสำคัญที่ใช้ควรมีเป้าหมายเพื่อการอธิบายเกี่ยวกับสถานการณ์ปัญหาในเชิงลึกมากกว่าการบรรยายหรืออธิบายลักษณะที่ปรากฏของสิ่งต่าง ๆ (Cañas et al., 2007) สอดคล้องกับงานวิจัยของ Francisco et al. (2002) ที่มีการใช้คำถามในการกระตุ้นให้นักเรียนสร้างผังมโนทัศน์ใน 2 ลักษณะ (Paired question) ได้แก่ (1) คำถามที่ช่วยแนะนำการสร้างผังมโนทัศน์ให้กับนักเรียนและ (2) คำถามที่เป็นสถานการณ์ปัญหาในการกระตุ้นให้นักเรียนนำความรู้ไปใช้ในการสร้างผังมโนทัศน์เพื่อตอบคำถาม



ภาพที่ 10 องค์ประกอบของผังมโนทัศน์ (Cañas et al., 2007; Novak, 2002)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 11 ผังมโนทัศน์เกี่ยวกับโครงสร้างของหน่วยไต

5. การวิเคราะห์เนื้อหา เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์

ผู้วิจัยศึกษามาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัดที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ จัดอยู่ในสาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

สาระที่ 1 วิทยาศาสตร์ชีวภาพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

มาตรฐาน ว1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตารางที่ 6 มาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด และสาระการเรียนรู้แกนกลางที่เกี่ยวข้องกับเรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560)

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนแกนกลาง
1. ระบุอวัยวะและบรรยายหน้าที่ของอวัยวะที่เกี่ยวข้องในระบบหายใจ	▪ ระบบหายใจมีอวัยวะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ จมูก ท่อลม ปอด กะบังลม และกระดูกซี่โครง

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนแกนกลาง
2. อธิบายกลไกการหายใจเข้าและออก โดยใช้แบบจำลอง รวมทั้งอธิบายกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊ส 3. ตระหนักถึงความสำคัญของระบบหายใจ โดยการบอกแนวทางในการดูแลรักษาอวัยวะในระบบหายใจให้ทำงานปกติ	■ มนุษย์หายใจเข้า เพื่อนำแก๊สออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายเพื่อนำไปใช้ในเซลล์ และหายใจออกเพื่อกำจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากร่างกาย ■ อากาศเคลื่อนที่เข้าและออกจากปอดได้เนื่องจากการเปลี่ยนแปลงปริมาตรและความดันของอากาศภายในช่องอกซึ่งเกี่ยวข้องกับการทำงานของกะบังลมและกระดูกซี่โครง ■ การแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในร่างกาย เกิดขึ้นบริเวณถุงลมนปอดกับหลอดเลือดฝอยในถุงลม และระหว่างหลอดเลือดฝอยกับเนื้อเยื่อ ■ การสูบบุหรี่ การสูดอากาศที่มีสารปนเปื้อน และการเป็นโรคเกี่ยวกับระบบหายใจบางโรค อาจทำให้เกิดโรคถุงลมโป่งพอง ซึ่งมีผลให้ความจุอากาศของปอดลดลง ดังนั้นจึงควรดูแลรักษาระบบหายใจ ให้ทำหน้าที่เป็นปกติ
4. ระบุอวัยวะและบรรยายหน้าที่ของอวัยวะในระบบขับถ่ายในการกำจัดของเสียทางไต 5. ตระหนักถึงความสำคัญของระบบขับถ่ายในการกำจัดของเสียทางไต โดยการบอกแนวทางในการปฏิบัติตนที่ช่วยให้ระบบขับถ่ายทำหน้าที่ได้อย่างปกติ	■ ทางเดินหายใจของมนุษย์ประกอบด้วย ช่องจมูก โพรงจมูก คอหอย กล่องเสียง ท่อลม หลอดลม และถุงลมในปอด ■ ระบบขับถ่ายมีอวัยวะที่เกี่ยวข้องคือ ไต ท่อไต กระเพาะปัสสาวะ และท่อปัสสาวะ โดยมีไตทำหน้าที่กำจัดของเสีย เช่น ยูเรีย แอมโมเนีย กรดยูริก รวมทั้งสารที่ร่างกายไม่ต้องการออกจากเลือดและควบคุมสารที่มีมากหรือน้อยเกินไป เช่น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนแกนกลาง
	น้ำ โดยขับออกมาในรูปของปัสสาวะ ■ การเลือกรับประทานอาหารที่เหมาะสม เช่น รับประทานอาหารที่ไม่มีรสเค็มจัด การดื่มน้ำสะอาดให้เพียงพอ เป็นแนวทางหนึ่งที่ช่วยให้ระบบขับถ่ายทำหน้าที่ได้อย่างเป็นปกติ
6. บรรยายโครงสร้างและหน้าที่ของหัวใจ หลอดเลือด และเลือด 7. อธิบายการทำงานของระบบหมุนเวียนเลือด โดยใช้แบบจำลอง	■ ระบบหมุนเวียนเลือดประกอบด้วย หัวใจ หลอดเลือด และเลือด ■ หัวใจของมนุษย์แบ่งเป็น 4 ห้อง ได้แก่ หัวใจห้องบน 2 ห้องและห้องล่าง 2 ห้อง ระหว่างหัวใจห้องบนและหัวใจห้องล่างมีลิ้นหัวใจกั้น ■ หลอดเลือด แบ่งเป็น หลอดเลือดอาร์เตอรี หลอดเลือดเวน และหลอดเลือดฝอย ซึ่งมีโครงสร้างต่างกัน ■ เลือด ประกอบด้วย เซลล์เม็ดเลือดแดง เพลตเลต และพลาสมา ■ การบีบและคลายตัวของหัวใจทำให้เลือดหมุนเวียนและลำเลียงสารอาหาร แก๊สของเสีย และสารอื่น ๆ ไปยังอวัยวะและเซลล์ต่าง ๆ ทั่วร่างกาย ■ เลือดที่มีปริมาณแก๊สออกซิเจนสูงจะออกจากหัวใจไปยังเซลล์ต่าง ๆ ทั่วร่างกาย ขณะเดียวกันแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จากเซลล์จะแพร่เข้าสู่หัวใจและถูกส่งไปแลกเปลี่ยนแก๊สที่ปอด
8. ออกแบบการทดลองและทดลองในการเปรียบเทียบอัตราการเต้นของหัวใจขณะปกติและหลังทำกิจกรรม	■ ชีพจรบอกถึงจังหวะการเต้นของหัวใจ ซึ่งอัตราการเต้นของหัวใจขณะปกติและหลังจากทำกิจกรรมต่าง ๆ จะแตกต่าง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนแกนกลาง
9. ตระหนักถึงความสำคัญของระบบหมุนเวียนเลือด โดยการบอกแนวทางในการดูแลรักษาอวัยวะในระบบหมุนเวียนเลือดให้ทำงานปกติ	กัน ส่วนความดัน ระบบหมุนเวียนเลือดเกิดจากการทำงานของหัวใจและหลอดเลือด ■ อัตราการเต้นของหัวใจมีความแตกต่างกันในต่ละบุคคล คนที่เป็นโรคหัวใจและหลอดเลือดจะส่งผลให้หัวใจสูบฉีดเลือดไม่เป็นปกติ ■ การออกกำลังกาย การเลือกรับประทานอาหารพักผ่อน และการรักษาภาวะอารมณ์ให้เป็นปกติ จึงเป็นทางเลือกหนึ่งในการดูแลรักษาระบบหมุนเวียนเลือดให้เป็นปกติ
10. ระบุอวัยวะและบรรยายหน้าที่ของอวัยวะในระบบประสาทส่วนกลางในการควบคุมการทำงานต่าง ๆ ของร่างกาย 11. ตระหนักถึงความสำคัญของระบบประสาท โดยการบอกแนวทางในการดูแลรักษา รวมถึงการป้องกันการกระทบกระเทือนและอันตรายต่อสมองและไขสันหลัง	■ ระบบประสาทส่วนกลาง ประกอบด้วยสมองและไขสันหลัง จะทำหน้าที่ร่วมกับเส้นประสาทซึ่งเป็นระบบประสาทรอบนอก ในการควบคุมการทำงานของอวัยวะต่าง ๆ รวมถึงการแดงพฤติกรรมเพื่อการตอบนองต่อสิ่งเร้า ■ เมื่อมีสิ่งเร้ามากระตุ้นหน่วยรับความรู้สึกจะเกิดกระแสประสาทส่งไปตามเซลล์ประสาทรับความรู้สึกไปยังระบบประสาทส่วนกลาง แล้วส่งกระแสประสาทมาตามเซลล์ประสาทสั่งการไปยังหน่วยปฏิบัติงาน เช่น กล้ามเนื้อ ■ ระบบประสาทเป็นระบบที่มีความซับซ้อนและมีความสัมพันธ์กับทุกระบบในร่างกาย ดังนั้นจึงควรป้องกันการเกิดอุบัติเหตุที่กระทบกระเทือนต่อสมอง หลีกเลี่ยงการใช้สารเสพติด หลีกเลี่ยง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตัวชี้วัด	สาระการเรียนแกนกลาง
	ภาวะเครียด และรับประทานอาหารที่มีประโยชน์พื่อดูแลรักษาระบบประสาทให้ทำงานเป็นปกติ

6. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

6.1 งานวิจัยในประเทศ

คำนึง เลื่อนแก้ว (2556) ศึกษาปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการคิดเชิงระบบของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2555 ในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน พบว่าปัจจัยที่มีอิทธิพลทางตรงเชิงบวกต่อการคิดเชิงระบบของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบนประกอบด้วยพฤติกรรมการสอนของครู ลักษณะทางกายภาพของโรงเรียน สัมพันธภาพระหว่างนักเรียนกับเพื่อน อาชีพผู้ปกครอง สัมพันธภาพระหว่างนักเรียนกับครู สัมพันธภาพระหว่างนักเรียนกับผู้ปกครอง มโนภาพเกี่ยวกับตนเอง และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน อิทธิพลทางอ้อมประกอบด้วย ระดับการศึกษาของผู้ปกครอง การรับรู้ข่าวสารจากสื่อสารมวลชน รายได้ของผู้ปกครอง เพศ สถานภาพทางการสมรสของบิดามารดา

ชนาธิป โหตรภวานนท์ (2559) สำรวจความสามารถในการคิดอย่างเป็นระบบในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต โดยมีกลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง ในจังหวัดพิษณุโลก จำนวน 28 คน ซึ่งได้มาด้วยการเลือกแบบเจาะจง เก็บรวบรวมข้อมูลโดยมอบหมายให้นักเรียนสร้างแผนผังความคิดหลังการจัดการเรียนรู้ ภายในเวลาที่กำหนด ซึ่งผลการวิจัยพบว่าตัวบ่งชี้ที่ 1 การระบุองค์ประกอบย่อยของระบบที่อยู่ในระดับทางชีวภาพเดียวกัน และตัวบ่งชี้ที่ 2 การระบุความสัมพันธ์ที่เชื่อมโยงมโนทัศน์ต่าง ๆ ที่ระดับชีวภาพเดียวกัน นักเรียนระบุได้ถูกต้องครบถ้วนมากกว่าร้อยละ 50 แต่ไม่พบองค์ประกอบ หรือการระบุที่บ่งบอกถึงตัวบ่งชี้ที่ 3 การเชื่อมโยงมโนทัศน์ของชีววิทยาที่ต่างระดับทางชีวภาพได้ และตัวบ่งชี้ที่ 4 การคิดกลับไปกลับมาระหว่างมโนทัศน์ หรือแบบจำลองที่สร้างขึ้นกับปรากฏการณ์ทางชีววิทยาที่เกิดขึ้นจริงในผังความคิดของนักเรียนทั้งหมด ซึ่งเป็นผลมาจากการจัดการเรียนรู้ที่เน้นแต่ละส่วนของ

มโนทัศน์มากกว่าการเน้นภาพรวมขององค์รวมของมโนทัศน์ทั้งหมด เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ที่เน้นเนื้อหาเป็นส่วน ๆ ไม่สัมพันธ์เชื่อมโยงกัน

ชนาธิป โหตรภวานนท์ สุรีย์พร สว่างเมฆ และวันดี วัฒนชัยยิ่งเจริญ (2562) ศึกษาแนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบและผลการพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบภายหลังการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้องเรียนวิทยาศาสตร์ จำนวน 27 คน ในโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่ง โดยการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย แบบสะท้อนการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบ เรื่อง ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก และแบบจำลอง เรื่อง ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก ผลการวิจัยพบว่า แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เริ่มจากการทำความเข้าใจและระบุองค์ประกอบผ่านการสังเกตสื่อที่ครูกำหนด การพัฒนาแบบจำลองอย่างง่าย จากผลการสังเกตองค์ประกอบของระบบ การพัฒนาแบบจำลอง 2 มิติของกลุ่มให้สมบูรณ์โดยใช้ข้อมูลจากแบบจำลองอย่างง่ายของสมาชิกในกลุ่มการนำแบบจำลอง 2 มิติ มาใช้อธิบายสถานการณ์ที่กำหนด และการสร้างแบบจำลองเพื่ออธิบายสถานการณ์ใหม่ นอกจากนี้ผลการพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบในด้านการระบุองค์ประกอบและความสัมพันธ์ในระดับชีวภาพเดียวกันได้ดีมาก การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ต่างระดับทางชีวภาพและการอธิบายปรากฏการณ์ทางชีววิทยาด้วยแบบจำลองอยู่ในระดับดี ส่งผลให้นักเรียนมีภาพรวมการคิดอย่างเป็นระบบอยู่ในระดับดีมาก

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ปารมี ศรีบุญทิพย์และคณะ (2560) วิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยของรัฐ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา และทดสอบความสอดคล้องของโมเดลการวัดการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียน โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยของรัฐ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา จำนวน 569 คน เลือกกลุ่มตัวอย่างโดยการสุ่มแบบ 3 ขั้นตอน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย คือ แบบวัดการคิดเชิงระบบ ที่มีค่าความตรงเชิงเนื้อหาของข้อคำถาม 0.80-1.00 ค่าความเชื่อมั่นของการวัดเท่ากับ 0.869 และค่าอำนาจจำแนกมีค่าระหว่าง 0.34-0.92 สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยัน โดยผลการวิเคราะห์โมเดลองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบประกอบด้วย 3 องค์ประกอบ ได้แก่

องค์ประกอบที่ 1 คือ การคิดแบบองค์รวม มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ 0.96 องค์ประกอบที่ 2 คือ การคิดแบบวัฏจักรเชื่อมโยง มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ 0.85 และองค์ประกอบที่ 3 คือ การคิดแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ มีค่าน้ำหนักองค์ประกอบเท่ากับ 0.89 ทุกองค์ประกอบมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ตรวจสอบความสอดคล้องของโมเดลการวัดการคิดเชิงระบบและผลการวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันพบว่ามีความสอดคล้องกับข้อมูลเชิงประจักษ์ แสดงว่าโมเดลการวัดที่สร้างขึ้นสามารถนำมาอธิบายการคิดเชิงระบบได้

อิทธิศักดิ์ ศิริจันทร์ (2559) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวมที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงระบบและความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 5 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ จำนวน 60 คน จากโรงเรียนขนาดใหญ่ ในกรุงเทพมหานคร ประกอบด้วยนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนการสอนด้วยรูปแบบผสานรวม จำนวน 32 คน และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาแบบทั่วไป จำนวน 28 คน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนกลุ่มทดลองมีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับพื้นฐานและมีคะแนนเฉลี่ยผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบสูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 นอกจากนี้นักเรียนกลุ่มทดลองมีความคงทนในการเรียนรู้ส่วนนักเรียนกลุ่มควบคุมไม่มีความคงทนในการเรียนรู้หลังทำการทดสอบ 2 ครั้งเมื่อผ่านไป 5 สัปดาห์

จากการศึกษางานวิจัยในประเทศที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงระบบพบว่า ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการคิดเชิงระบบคือการจัดการเรียนการสอนของครู ซึ่งการจัดการเรียนการสอนชีววิทยาที่เน้นการจดจำเนื้อหาเป็นส่วน ๆ นั้น จะสามารถพัฒนานักเรียนได้เพียงความสามารถในการระบุองค์ประกอบและกระบวนการของระบบเท่านั้น แต่นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงพลวัตภายในระบบได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

6.2 งานวิจัยต่างประเทศ

Assaraf and Orion (2005) ได้พัฒนาทักษะการคิดเชิงระบบในนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นโดยมีตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 50 คน จาก 2 ห้องเรียนของโรงเรียนในอิสราเอล ที่มีหลักสูตรการสอนที่เน้นระบบต่าง ๆ บนโลก โดยเจาะจงไปที่วัฏจักรของน้ำ งานวิจัยนี้มีกระบวนการวิจัยแบบผสมระหว่างวิธีการเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ มีเครื่องมือใน

การวิจัยที่หลากหลายในการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับความรู้และความเข้าใจของนักเรียนก่อนกระบวนการเรียนรู้ ขณะกระบวนการเรียนรู้ และหลังกระบวนการเรียนรู้ โดยงานวิจัยมีข้อค้นพบว่าการพัฒนาการคิดเชิงระบบต้องประกอบไปด้วยลำดับขั้นย่อย ๆ กระบวนการทางสติปัญญาถูกพัฒนาจากลำดับขั้นพื้นฐานแล้วพัฒนาไปสู่การคิดระดับสูงต่อไป จากงานวิจัยค้นพบว่ากระบวนการอย่างน้อยที่สุดที่จะพัฒนาการคิดเชิงระบบต้องประกอบด้วย 3 หัวข้อหลักที่จะนำไปสู่ทักษะขั้นสูงสุด ปัจจัยหลัก 2 ประการที่เป็นพื้นฐานของความก้าวหน้า ได้แก่ (1) พื้นฐานความรู้ของนักเรียนแต่ละคน และ (2) ระดับการประยุกต์ความรู้ในกิจกรรมขณะที่เรียนรู้แบบสืบสอบทั้งนอกและในห้องเรียน

Brandstädter et al. (2012) ศึกษาวิธีการสร้างผังมโนทัศน์ที่แตกต่างกันว่าที่มีอิทธิพลต่อความถูกต้องของการประเมินการคิดเชิงระบบของนักเรียน โดยพิจารณาใน 2 ประเด็น ได้แก่ สื่อที่ใช้และการชี้แนะแนวทางขณะสร้างผังมโนทัศน์ จากผลการศึกษาพบว่าการใช้คอมพิวเตอร์มีอิทธิพลทางบวกต่อการสร้างผังมโนทัศน์ของนักเรียนเมื่อเปรียบเทียบกับการเขียนลงบนกระดาษ การชี้แนะแนวทางในการสร้างผังมโนทัศน์ไม่แตกต่างกัน ในทางกลับกันสื่อที่ใช้มีผลต่อการสร้างผังมโนทัศน์สำหรับการคิดเชิงระบบน้อยมาก ในขณะที่การชี้แนะแนวทางในการสร้างผังมีอิทธิพลทางบวก

Assaraf et al. (2013) ศึกษาการคิดเชิงระบบในบริบทเนื้อหาเรื่องระบบไหลเวียนโลหิตของร่างกายมนุษย์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 120 คน จาก 8 โรงเรียน โดยวิเคราะห์ตามโมเดล STH พบว่านักเรียนแสดงออกถึงความสามารถในการคิดเชิงระบบที่อยู่ในระดับของการระบุองค์ประกอบเป็นหลัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับโครงสร้างที่มีขนาดใหญ่มองเห็นได้ด้วยตาเปล่า

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

Raved and Yarden (2014) ศึกษาการพัฒนาการคิดเชิงระบบเรื่อง ระบบไหลเวียนเลือดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 75 คน โดยใช้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่พัฒนาองค์ประกอบตามลำดับขั้นของการพัฒนาการคิดเชิงระบบของ Unified model จำนวน 12 กิจกรรม ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการจดจำองค์ประกอบและกระบวนการของระบบรวมถึงการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างตัวแทนความคิดที่ต่างระดับกันในระบบมีการพัฒนาขึ้นอย่างชัดเจน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องพบว่า พฤติกรรมการสอนของครูมีผลต่อความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียน โดยมีนักการศึกษาหลายท่านได้สร้างรูปแบบพัฒนาการคิดเชิงระบบไว้

หลากหลายรูปแบบ อย่างไรก็ตามทุกรูปแบบอธิบายสอดคล้องกันว่าการพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบต้องเกิดขึ้นอย่างเป็นลำดับขั้นตอน กล่าวคือต้องพัฒนาองค์ประกอบเบื้องต้นของการคิดเชิงระบบ ได้แก่ การระบุองค์ประกอบและกระบวนการของระบบ ซึ่งเป็นความรู้พื้นฐานเกี่ยวกับระบบก่อนจึงจะนำการพัฒนาการคิดเชิงระบบสูงขึ้นได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กรอบแนวคิดการวิจัย

ทฤษฎีสรรคนิยม (Constructivism)

การจัดการเรียนรู้มุ่งเน้นให้นักรียนสร้างความรู้ด้วยตนเอง ผ่านกระบวนการสืบสอบหาความรู้ โดยอาศัยกระบวนการทางสติปัญญาตามทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget's theory of cognitive development)

↓

การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด

1. **ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)** เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ที่กระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา
2. **ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)** เป็นขั้นที่นักเรียนมีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจ ครูใช้ผังกราฟิกที่เป็นแผนภาพหรือแผนภูมิแสดงการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ที่สนใจในช่วงเวลา เพื่อวิเคราะห์ถึงองค์ประกอบและการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น
3. **ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)** เป็นขั้นที่นำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบผังมโนทัศน์ เพื่อพัฒนาความสามารถในการระบุองค์ประกอบและความสัมพันธ์ภายในระบบ
4. **ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)** เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม ซึ่งจะช่วยอธิบายเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันที่เกี่ยวของกับเนื้อหา เพื่อพัฒนาความสามารถในการเชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงพลวัตภายในระบบ
5. **ขั้นประเมิน (Evaluation)** เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้และความสามารถในการคิดเชิงระบบเป็นอย่างไร โดยการวิเคราะห์ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบที่นักเรียนสร้าง

↓

ความสามารถในการคิดเชิงระบบ (Systems thinking) หมายถึง ความสามารถในการทำความเข้าใจและตีความระบบที่มีความซับซ้อน โดยประกอบไปด้วย 4 องค์ประกอบ ดังนี้

1. การรระบุองค์ประกอบหรือโครงสร้างของระบบ
2. การระบุความสัมพันธ์พื้นฐานระหว่างองค์ประกอบในระบบ
3. การระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการระหว่างองค์ประกอบภายในระบบ
4. การจัดลำดับองค์ประกอบสร้างปฏิสัมพันธ์ภายในระบบได้

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับการใช้ผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด มีขั้นตอนดำเนินการดังต่อไปนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. กลุ่มที่ศึกษา
3. การสร้างเครื่องมือในการวิจัย
4. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. จริยธรรมการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental design) ที่มีรูปแบบการวิจัยแบบ One-group posttest only design ซึ่งรูปแบบการวิจัยนี้ศึกษาในกลุ่มเดียว เมื่อดำเนินการจัดกระทำโดยการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับการใช้ผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด (X) แล้วทำการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังการจัดกระทำ ดังรูปแบบการวิจัยในภาพที่ 10

	X	O

ภาพที่ 12 รูปแบบการวิจัยแบบ one-group posttest only design

X หมายถึง การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด

O หมายถึง การเก็บรวบรวมข้อมูล

กลุ่มที่ศึกษา

การเลือกโรงเรียน

ผู้วิจัยเลือกโรงเรียนโดยใช้วิธีการเลือกแบบเจาะจง (Purposive sampling) คือ โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่ เขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ ซึ่งเป็นโรงเรียนสหศึกษาที่มีการจัดการเรียนการสอนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ทั้งระดับมัธยมศึกษาตอนต้นและมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยมีคะแนนเฉลี่ยผลการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติอยู่ในระดับต่ำ (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2561) นอกจากนี้ผู้บริหารของโรงเรียนได้ให้การสนับสนุนการดำเนินการวิจัย ตลอดจนได้รับความร่วมมือจากครูภายในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เป็นอย่างดี

การเลือกกลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษาในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนแห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กรุงเทพมหานคร สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน จำนวน 1 ห้องเรียน โดยนักเรียนแต่ละห้องมีการคละเพศและความสามารถ

การสร้างเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้มี 2 ประเภท ได้แก่

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบประเมินการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ โดยมีรายละเอียดของขั้นตอนในการพัฒนา ดังนี้

แบบประเมินการคิดเชิงระบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อเป็นแนวทางในการประเมินการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จากผังมโนทัศน์ที่ผู้วิจัยมอบหมายให้สร้างขึ้น โดยแบบประเมินแบ่งออกเป็น 2 ตอน ได้แก่ ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ และ

เกณฑ์การให้คะแนนผังมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้นเป็นรายบุคคล โดยมีรายละเอียดขั้นตอนในการสร้างแบบประเมิน ดังต่อไปนี้

1) ศึกษาความหมาย องค์ประกอบ และแนวทางการประเมินการคิดเชิงระบบในบริบทเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์ จากเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการคิดเชิงระบบ

2) ศึกษาตัวอย่างเครื่องมือที่ใช้ในการประเมินการคิดเชิงระบบและหลักเกณฑ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ผังมโนทัศน์

3) ศึกษาเนื้อหา เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ในแบบเรียนวิทยาศาสตร์ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เพื่อดูขอบเขตเนื้อหาในการกำหนดคำถามสำคัญและสร้างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ

4) กำหนดคำถามสำคัญในการสร้างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ ดังนี้

ตารางที่ 7 คำถามสำคัญหรือสถานการณ์ปัญหาในการสร้างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ

หัวข้อ	คำถามสำคัญหรือสถานการณ์ปัญหา
1. ระบบหมุนเวียนเลือด	ผู้ป่วยที่มีภาวะทุพโภนาการอย่างรุนแรงและไม่สามารถรับประทานอาหารทางปากได้ แพทย์จึงให้สารอาหารผ่านทางหลอดเลือดเวนบริเวณแขน จงอธิบายว่าสารอาหารที่ถูกฉีดเข้าสู่หลอดเลือดเวนบริเวณแขนจะถูกลำเลียงไปยังส่วนต่าง ๆ ของร่างกายได้อย่างไร
2. ระบบหายใจ	จากสถานการณ์ฝุ่นควันในปัจจุบัน การหายใจนำฝุ่นละอองเข้าสู่ปอด ฝุ่นที่เข้าไปจับและเกิดการสะสมอยู่ภายในปอดส่งผลต่อกระบวนการหายใจหรือไม่ อย่างไร
3. ระบบขับถ่าย	เพราะเหตุใดเมื่อสภาพอากาศหนาวหรือในที่อากาศเย็น นักเรียนจะปัสสาวะบ่อยกว่าปกติ
4. ระบบประสาท	เมื่อนักเรียนได้กลิ่นอาหารในช่วงเวลาใกล้พักกลางวันแล้วรู้สึกหิวในทันทีกลิ่นของอาหารทำให้เกิดความรู้สึกหิวได้อย่างไร
5. การประยุกต์รวมเนื้อหาของทุกระบบ	การดื่มแอลกอฮอล์ส่งผลต่อการเปลี่ยนแปลงในร่างกายอย่างไร เพราะเหตุใดจึงรู้สึกมึนเมาและปัสสาวะบ่อย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

5) สร้างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบที่สมบูณ์เพื่อตอบคำถามสำคัญทั้ง 5 หัวข้อ ผู้วิจัยสร้างผังมโนทัศน์ขึ้นทั้ง 5 แผนผัง เพื่อใช้เป็นแนวทางในการตรวจให้คะแนนผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบของนักเรียน

6) นำผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น มาวิเคราะห์ตามองค์ประกอบ ได้แก่ ความสามารถในการระบุองค์ประกอบ ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์เชิงโครงสร้าง ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการ และการจัดกรอบปฏิสัมพันธ์ของการคิดเชิงระบบเพื่อกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน โดยผู้วิจัยจัดทำเป็นแบบตรวจสอบรายการ (Check list) ในการตรวจการระบุองค์ประกอบ การระบุความสัมพันธ์เชิงโครงสร้าง และการระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการ หากผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบของนักเรียนมีการระบุมโนทัศน์หรือความสัมพันธ์ถูกต้องตามรายการได้รายการละ 1 คะแนน และได้ 0 คะแนน เมื่อไม่มีการระบุมโนทัศน์หรือความสัมพันธ์ หรือระบุแต่ไม่ถูกต้อง การตรวจการจัดกรอบปฏิสัมพันธ์มีคะแนนเต็ม 4 คะแนน โดยพิจารณารูปแบบการเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ ซึ่งมี 4 รูปแบบ ได้แก่ กรอบปฏิสัมพันธ์แบบเส้นตรงหรือแบบคู่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์เป็นคู่ ให้ 1 คะแนน กรอบปฏิสัมพันธ์แบบแตกกิ่งเป็นรูปแบบการจัดกรอบปฏิสัมพันธ์ที่มีมโนทัศน์กิ่งกลางเป็นจุดเชื่อมโยงต่อไปยังมโนทัศน์อื่น ๆ ให้ 2 คะแนน กรอบปฏิสัมพันธ์แบบสายโซ่ เป็นรูปแบบที่ประกอบด้วยมโนทัศน์เชื่อมต่อกันไปมโนทัศน์ต่อมโนทัศน์เป็นลำดับขั้นตอน ให้ 3 คะแนน และกรอบปฏิสัมพันธ์แบบตาข่ายเป็นรูปแบบที่เชื่อมโยงซับซ้อนที่สุดมีลักษณะคล้ายรูปแบบแตกกิ่งแต่มีมโนทัศน์ที่เป็นจุดศูนย์กลางมากกว่า 1 มโนทัศน์ ให้ 4 คะแนน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 8 คะแนนเต็มและคะแนนในแต่ละองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบที่วิเคราะห์มาจากผังมโนทัศน์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

หัวข้อ	คะแนนเต็ม	คะแนนในแต่ละองค์ประกอบ			
		การระบุมโนทัศน์	การระบุความสัมพันธ์เชิงโครงสร้าง	การระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการ	การจัดกรอบปฏิสัมพันธ์
1. ระบบหมุนเวียนเลือด	23	10	8	1	4
2. ระบบหายใจ	19	7	2	6	4
3. ระบบขับถ่าย	18	7	2	5	4
4. ระบบประสาท	17	6	2	5	4
5. การประยุกต์รวมเนื้อหาของทุกระบบ	30	13	9	4	4

7) สร้างแบบประเมินการคิดเชิงระบบที่ใช้สำหรับตรวจให้คะแนนผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบที่นักเรียนสร้างขึ้นในแต่ละหัวข้อ แบบประเมินการคิดเชิงระบบประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่ (1) ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อตอบคำถามสำคัญในแต่ละหัวข้อ และ (2) เกณฑ์การให้คะแนนที่ได้จากการวิเคราะห์ผังมโนทัศน์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นในแต่ละองค์ประกอบจัดทำเป็นแบบตรวจสอบรายการ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

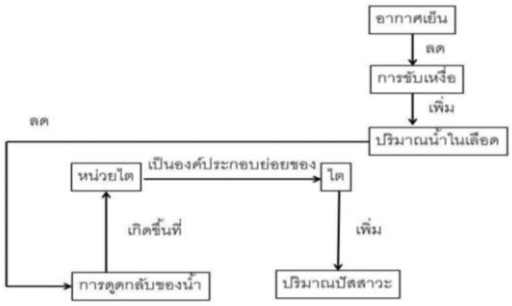
8) นำแบบประเมินการคิดเชิงระบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ ผู้ทรงคุณวุฒิที่เชี่ยวชาญด้านการศึกษา ผู้ทรงคุณวุฒิที่เชี่ยวชาญด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์ และผู้ทรงคุณวุฒิด้านชีววิทยา ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา (Content validity) ความถูกต้องของคำถามสำคัญ แนวคำตอบ การเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบภายในผังมโนทัศน์ รวมทั้งความสอดคล้องของเกณฑ์การประเมินและนิยามของการคิดเชิงระบบ จากนั้นพิจารณาผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (Index of item-objective congruency: IOC) ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2544) จึงสามารถนำแบบประเมินดังกล่าวไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลได้ ผลการพิจารณาพบว่าแบบประเมินการคิดเชิงระบบในหัวข้อระบบหมุนเวียนเลือดมีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 0.33 เนื่องมาจาก

ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบเรื่องระบบหมุนเวียนเลือดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นระบุมโนทัศน์และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ไม่ถูกต้อง ในขณะที่แบบประเมินการคิดเชิงระบบหัวข้อระบบหายใจ ระบบขับถ่าย ระบบประสาท และการประยุกต์รวมเนื้อหาของทุกระบบมีค่าดัชนีความสอดคล้องเท่ากับ 1.00 ทั้งนี้ผู้ทรงคุณวุฒิได้ให้คำแนะนำในการปรับปรุงแก้ไขเพิ่มเติมดังนี้

ตารางที่ 9 คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและการแก้ไขแบบประเมินการคิดเชิงระบบ

คำแนะนำ	การปรับปรุงแก้ไข
1. ระบบหมุนเวียนเลือด	
1.1 การระบุความสัมพันธ์ระหว่างหลอดเลือดพัลโมนารีอาร์เทอรีกับหัวใจไม่ถูกต้อง	- แก้ไขลูกศรเชื่อมโยงหลอดเลือดพัลโมนารีอาร์เทอรีซึ่งทำหน้าที่ลำเลียงเลือดจากหัวใจห้องล่างซ้ายไปยังปอด
1.2 ตรวจสอบทิศทางการไหลเวียนของเลือดและการระบุความสัมพันธ์ในผังมโนทัศน์	- เพิ่มลูกศรเชื่อมโยงระหว่างหัวใจห้องบนซ้ายและหัวใจห้องล่างซ้ายในผังมโนทัศน์
2. ระบบหายใจ	
2.1 การระบุองค์ประกอบ ควรเพิ่มมโนทัศน์จมูกซึ่งเป็นทางผ่านแรกของระบบ มโนทัศน์ขนจมูกและเมือกในโพรงจมูกซึ่งมีหน้าที่ช่วยกรองฝุ่นละออง	- เพิ่มมโนทัศน์จมูกซึ่งเป็นทางผ่านแรกของระบบ มโนทัศน์ขนจมูกและเมือกในโพรงจมูกซึ่งมีหน้าที่ช่วยกรองฝุ่นละออง
2.2 การระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการ ควรเพิ่มเติมว่าหากมีการสะสมฝุ่นละอองในปอดและถุงลมมาก ๆ จะก่อให้เกิดผลอย่างไร	- เพิ่มมโนทัศน์และการอธิบายเชื่อมโยงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นเมื่อมีการสะสมของฝุ่นละอองในปอดและถุงลมมากขึ้น เช่น การสะสมของฝุ่นละอองส่งผลต่อพื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนแก๊ส
3. ระบบขับถ่าย	
การระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน โดยเส้นลูกศรเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ปัสสาวะกับมโนทัศน์ปริมาณน้ำในเลือดอาจสร้างความสับสนได้	ปรับการเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ตามคำแนะนำ ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คำแนะนำ	การปรับปรุงแก้ไข
	
4. ระบบประสาท	
4.1 คำถามสำคัญกำกวม	- แก้คำถามสำคัญ “...เมื่อได้กลิ่นอาหารในช่วงเวลาอาหารทำให้รู้สึกหิว...”
4.2 การระบุองค์ประกอบ กรอบมโนทัศน์เซลล์ประสาทควรแยกจากกันเป็นมโนทัศน์เซลล์ประสาทที่อยู่ในจมูกกับมโนทัศน์เซลล์ประสาทที่อยู่ในสมอง	- แยกกรอบมโนทัศน์เซลล์ประสาทที่อยู่ในจมูกกับมโนทัศน์เซลล์ประสาท
5. การประยุกต์รวมเนื้อหาของทุกระบบ	
ตรวจสอบการใช้คำเชื่อมและลูกศรเชื่อมโยงความสัมพันธ์	- แก้คำเชื่อมให้สื่อความหมายและแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์

9) นำแบบประเมินการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วมาทดลองใช้กับกลุ่มนักเรียนที่ไม่ใช่ตัวอย่าง จำนวนหนึ่ง 1 ห้องเรียน เพื่อปรับปรุงข้อบกพร่องตามสภาพปัญหาที่ค้นพบขณะทำการเก็บรวบรวมข้อมูล และประเมินหาค่าความเที่ยงระหว่างผู้ประเมิน (Inter-rater reliability) ระหว่างผู้วิจัยและผู้ทรงคุณวุฒิที่เป็นครูชีววิทยาในโรงเรียน จำนวน 2 ท่าน ซึ่งดำเนินการโดยผู้วิจัยและผู้ทรงคุณวุฒิตรวจและให้คะแนนผังมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้นแล้วผู้วิจัยเลือกขึ้นมา จำนวน 3 แผนผัง แล้วนำคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Rater agreement index: RAI) หากมีค่าระหว่าง 0.70-1.00 แสดงว่ามีความสอดคล้องในการตรวจให้คะแนนอยู่ในระดับสูง โดยผลการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินเท่ากับ 0.97 ซึ่งแสดงว่าผู้วิจัยและผู้เชี่ยวชาญมีความสอดคล้องกันในการตรวจให้คะแนนผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบของนักเรียนในระดับสูง จากการตรวจและให้

คะแนนผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบของนักเรียนร่วมกับผู้ทรงคุณวุฒิ พบประเด็นปัญหาที่พบในการตรวจและการปรับปรุงสำหรับการตรวจให้คะแนนผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบของนักเรียนในครั้งต่อไป ดังนี้

ตารางที่ 10 ประเด็นปัญหาที่พบในการตรวจให้คะแนนและการปรับปรุงแก้ไข

ประเด็นปัญหาที่พบในการตรวจให้คะแนน	การปรับปรุงแก้ไข
1. ความถูกต้องในการสะกดคำของนักเรียน	นักเรียนสะกดคำไม่ถูกต้อง แต่สามารถสื่อสารได้ว่าหมายถึงมโนทัศน์ใดยังคงตรวจให้คะแนนเหมือนคนที่สะกดคำได้ถูกต้อง โดยครูต้องให้คำแนะนำกับนักเรียนให้แก้ไขการสะกดคำที่ถูกต้อง
2. การรระบุคำเชื่อมแสดงความสัมพันธ์กำกับบนลูกศรที่เชื่อมระหว่างมโนทัศน์	นักเรียนที่ไม่ระบุคำเชื่อมแสดงความสัมพันธ์กำกับบนลูกศรเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์จะไม่ได้คะแนน

10) นำแบบประเมินการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบร่างกายของมนุษย์ ทั้ง 5 หัวข้อไปใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด โดยมีรายละเอียดในการดำเนินการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้และตรวจสอบคุณภาพ ดังนี้

1) ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนการสอนโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5E และการใช้ผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด ผู้วิจัยใช้รูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ได้แก่ ขั้นกระตุ้นความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นสร้างคำอธิบาย ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมินผล โดยมีการใช้ผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิดในแต่ละขั้นตอนดังนี้

ขั้นที่ 1 กระตุ้นความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นตอนที่ครูนำเสนอวิดีทัศน์หรือรูปภาพที่ช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสงสัยในประเด็นที่จะศึกษา ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนได้ทบทวนความรู้เดิมเกี่ยวกับระบบที่ได้เรียนมาแล้วก่อนจะนำเข้าสู่บทเรียน

ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการสร้างองค์ความรู้ โดยศึกษา ทดลองและทำความเข้าใจเกี่ยวกับองค์ประกอบและความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบของระบบ นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันสร้างผังมโนทัศน์เพื่อระบุองค์ประกอบหรือโครงสร้างที่สำคัญภายในระบบ ครูใช้ผังวงจรเชิงสาเหตุเพื่อพัฒนาการคิดเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ และกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในระบบ พร้อมทั้งใช้คำถามเพื่อพัฒนาการคิดเชิงพลวัตของนักเรียน

ขั้นที่ 3 สร้างคำอธิบาย (Explanation) ครูใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนสร้างข้อสรุปเกี่ยวกับองค์ประกอบและกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในระบบ

ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นตอนที่ครูนำเสนอสื่อหรือบทความที่เป็นสถานการณ์ปัญหาในชีวิตประจำวันเกี่ยวข้องกับระบบร่างกายที่นักเรียนได้เรียนไปแล้วเพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน นักเรียนเชื่อมโยงความรู้ไปประยุกต์และสร้างผังมโนทัศน์เพื่ออธิบายสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนด

ขั้นที่ 5 ประเมินผล (Evaluation) เป็นการประเมินผลการเรียนรู้จากการทำกิจกรรมโดยใช้แบบทดสอบเพื่อประเมินความรู้ของนักเรียน และแบบประเมินการคิดเชิงระบบเพื่อประเมินความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนจากผังมโนทัศน์ชที่นักเรียนสร้างขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 11 บทบาทครูและนักเรียนในแต่ละขั้นตอนของแผนการจัดการเรียนรู้

ขั้นตอนการสอน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
1. ขั้นกระตุ้นความสนใจ (Engagement)	- ครูใช้คำถามเพื่อทบทวนความรู้เดิมของนักเรียน - ครูนำเสนอสื่อวีดิทัศน์หรือรูปภาพ แล้วใช้คำถามกระตุ้นความสนใจและนำเข้าสู่บทเรียน	- ตั้งคำถามจากสื่อเพื่อนำไปสู่การศึกษาค้นคว้า
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)	- จัดกลุ่มนักเรียนคละตามผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน	- นักเรียนแต่ละกลุ่มทำกิจกรรม และบันทึกผลการ

ขั้นตอนการสอน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
	- อธิบายขั้นตอนในการทำกิจกรรมการเรียนรู้ - ใช้ผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด ได้แก่ ผังมโนทัศน์ กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงตามเวลา และผังวงจรเชิงสาเหตุ เพื่อพัฒนาการคิดของนักเรียน - ให้คำแนะนำและความช่วยเหลือในการทำกิจกรรมเมื่อนักเรียนต้องการ - ให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงผังมโนทัศน์ของนักเรียน	ทำกิจกรรม - สร้างผังมโนทัศน์ระบุองค์ประกอบหรือโครงสร้างที่เกี่ยวข้องภายในระบบ
3. ขั้นสร้างคำอธิบาย (Explanation)	- ใช้คำถามเพื่อนำนักเรียนอภิปรายและลงข้อสรุป - อธิบายมโนทัศน์เพิ่มเติมโดยอาศัยความรู้และข้อมูลจากการทำกิจกรรม	- นำเสนอข้อมูลและสร้างคำอธิบายเพื่อลงข้อสรุปเกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)	- กำหนดคำถามสำคัญ พร้อมทั้งมอบหมายให้นักเรียนสร้างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบโดยใช้ความรู้ที่ได้เรียนรู้ไปเพื่อตอบคำถามสำคัญ	- นักเรียนสร้างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ
5. ขั้นประเมินผล (Evaluation)	- ประเมินผลการเรียนรู้ของผู้เรียนในแต่ละขั้นตอน ดังนี้ 1) ประเมินการตอบคำถามของนักเรียนในขั้นกระตุ้นความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา และขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	- สะท้อนคิดและประเมินความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์หรือทักษะที่ได้เรียนรู้ไปแล้ว

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ขั้นตอนการสอน	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
	2) ประเมินผังมโนทัศน์ในขั้นสำรวจและค้นหา 3) ประเมินผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบในขั้นขยายความรู้ - ครูให้ข้อเสนอแนะสำหรับปรับปรุงการสร้างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบของนักเรียน	

2) ศึกษาขอบเขตของเนื้อหา วิเคราะห์ผลการเรียนรู้และสาระการเรียนรู้แกนกลาง ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พ.ศ. 2551 (ฉบับปรับปรุง พ.ศ. 2560) ที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ 4 ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562 เพื่อกำหนดขอบเขตเนื้อหาที่ใช้ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เหมาะสมต่อการพัฒนาการคิดเชิงระบบของนักเรียน

3) กำหนดเนื้อหาและจำนวนคาบเรียนที่ใช้ในการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งมีจำนวน 1 หน่วยการเรียนรู้ ประกอบด้วยแผนการเรียนรู้ใช้เวลา 13 คาบเรียน สรุปดังตารางที่ 12

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 12 จำนวนแผนการจัดการเรียนรู้และจำนวนคาบเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์

แผนลำดับที่	หัวข้อในการจัดการเรียนรู้ / สาระ	จำนวนคาบ
หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์		
1	ระบบหมุนเวียนเลือด - องค์ประกอบของเลือด - โครงสร้างของหัวใจ หลอดเลือด และทิศทางการไหลเวียนเลือด	4
2	ระบบหายใจ - อวัยวะที่เกี่ยวข้องในระบบหายใจ	4

แผนลำดับที่	หัวข้อในการจัดการเรียนรู้ / สาระ	จำนวนคาบ
	- กลไกการหายใจเข้าและออก - การแลกเปลี่ยนแก๊ส	
3	ระบบขับถ่าย - อวัยวะที่เกี่ยวข้องในระบบขับถ่าย - โครงสร้างของไต - กลไกการขับถ่ายปัสสาวะ	3
4	ระบบประสาท - อวัยวะที่เกี่ยวข้องในระบบประสาทและโครงสร้างของเซลล์ประสาท - กลไกการตอบสนองต่อสิ่งเร้า	2
	รวม	13

จัดทำรายละเอียดของแผนการจัดการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และการประเมินผลการเรียนรู้ โดยแต่ละแผนการเรียนรู้มีการใช้ผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิดเพื่อส่งเสริมการคิดเชิงระบบของนักเรียนดังตารางที่ 13

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 13 การใช้ผังมโนทัศน์เชื่อมโยงความคิดในการจัดการเรียนรู้แต่ละหัวข้อ

ขั้นตอน	ผังมโนทัศน์เชื่อมโยงความคิดที่ใช้			
การจัดการเรียนรู้	ระบบหมุนเวียนเลือด	ระบบหายใจ	ระบบขับถ่าย	ระบบประสาท
1. ขั้นสร้างความสนใจ				
2. ขั้นสำรวจและค้นหา	- กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงของปริมาณเซลล์เม็ดเลือดขาวเมื่อติดเชื้อ - ผังวงจรเชิงสาเหตุอธิบายการเปลี่ยนแปลงของเซลล์เม็ดเลือดขาว - ผังมโนทัศน์แสดงอวัยวะและโครงสร้างที่เกี่ยวข้องในระบบหมุนเวียนเลือด - ผังวงจรเชิงสาเหตุอธิบายการเปลี่ยนแปลงอัตราการ	- ผังมโนทัศน์แสดงอวัยวะที่เกี่ยวข้องในระบบหายใจ - กราฟการเปลี่ยนแปลงความดันและปริมาตรในช่องอกขณะที่หายใจเข้าและออก - ผังมโนทัศน์แสดงกลไกการหายใจ - ผังวงจรเชิงสาเหตุเกี่ยวกับผลของการสูบบุหรี่ที่มีต่อการหายใจ	- ผังมโนทัศน์แสดงอวัยวะที่เกี่ยวข้องในระบบขับถ่าย - ผังวงจรเชิงสาเหตุอธิบายการเปลี่ยนแปลงเมื่อนักเรียนดื่มน้ำปริมาณมาก	- ผังมโนทัศน์แสดงอวัยวะที่เกี่ยวข้องในระบบประสาท - ผังมโนทัศน์อธิบายกลไกการตอบสนองต่อสิ่งเร้าที่มากระตุ้น - ผังวงจรเชิงสาเหตุแสดงกลไกการตอบสนองต่อสิ่งเร้า

ขั้นตอน การจัดการเรียนรู้	ผังมโนทัศน์เชื่อมโยงความคิดที่ใช้			
	ระบบหมุนเวียนเลือด	**ระบบหายใจ**	**ระบบขับถ่าย**	**ระบบประสาท**
	เต้นของหัวใจหลังจากที่ได้ออกกำลังกาย			
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	นักเรียนใช้ผังมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นในขั้นสำรวจและค้นหาเพื่ออธิบายและลงข้อสรุปเกี่ยวกับระบบ			
4. ขั้นขยายความรู้	- ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ	- ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ	- ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ	- ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ
5. ขั้นประเมิน	- ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ	- ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ	- ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ	- ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย CHULALONGKORN UNIVERSITY

4) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยพัฒนาขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล ตลอดจนความถูกต้องเหมาะสมของการใช้ภาษา จากนั้นปรับแก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษา

5) นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้แก้ไขตามคำแนะนำของอาจารย์ที่ปรึกษาแล้วไปให้ผู้ทรงคุณวุฒิตรวจเครื่องมือในการวิจัย จำนวน 3 ท่าน ได้แก่ ผู้ทรงคุณวุฒิที่เชี่ยวชาญด้านการศึกษา ผู้ทรงคุณวุฒิที่เชี่ยวชาญด้านการศึกษาวิทยาศาสตร์ และผู้ทรงคุณวุฒิด้านชีววิทยา เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องและสอดคล้องระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ของแผนการจัดการเรียนรู้ จากนั้นพิจารณาผลการตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาโดยค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (Index of item-objective congruency: IOC) ต้องมีค่ามากกว่าหรือเท่ากับ 0.5 จึงสามารถนำแผนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวไปใช้ได้ ผลการพิจารณาพบว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.67-1.00 ยกเว้นในหัวข้อการประเมินผลที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง 0.33 ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับปรุงแก้ไขและผู้ทรงคุณวุฒิได้ให้ข้อเสนอแนะในการปรับปรุงแก้ไข ดังประเด็นต่อไปนี้

ตารางที่ 14 คำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญและการปรับปรุงแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้

คำแนะนำ	**การปรับปรุงแก้ไข**
1. การกำหนดจุดประสงค์การเรียนรู้ด้านทักษะและกระบวนการ ควรเพิ่มทักษะการคิดเชิงระบบที่พัฒนาในจุดประสงค์การเรียนรู้	- เพิ่มทักษะการคิดเชิงระบบที่พัฒนาในจุดประสงค์การเรียนรู้
2. ผังมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้นตามกิจกรรมการเรียนรู้นำไปใช้ประโยชน์อย่างไร	- ครูมอบหมายให้นักเรียนสร้างผังมโนทัศน์ ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำเสนอผังมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้น ใช้คำถามนำอภิปรายและลงข้อสรุปจากผังมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้น แล้วจึงให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการเขียนผังมโนทัศน์ที่ถูกต้อง

คำแนะนำ	การปรับปรุงแก้ไข
3. ขั้นการประเมินต้องควรให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมินตนเอง	- ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนสะท้อนคิดว่าได้เรียนรู้อะไรและต้องการเรียนรู้ประเด็นใดอีกบ้าง

6) นำแผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้ทรงคุณวุฒิ และเสนอให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้ง

7) นำแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ไปทดลองกับนักเรียนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มที่ศึกษา จำนวน 1 ห้องเรียน

8) นำผลการจัดการเรียนรู้และข้อบกพร่องในการสอน ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ก่อนนำไปใช้กับกลุ่มที่ศึกษา

ตารางที่ 15 ประเด็นปัญหาที่พบในการทดลองใช้แผนและการปรับปรุงแก้ไข

ประเด็นปัญหาที่พบในการทดลองใช้แผน	การปรับปรุงแก้ไข
1. นักเรียนยังไม่สามารถสร้างผังมโนทัศน์ที่ถูกต้อง	- ครูควรทบทวนวิธีการสร้างผังมโนทัศน์และเน้นย้ำถึงองค์ประกอบที่สำคัญ เช่น คำหรือวลีที่แสดงความสัมพันธ์ ก่อนให้นักเรียนเริ่มทำกิจกรรม
2. นักเรียนใช้เวลาในการสร้างผังมโนทัศน์ค่อนข้างนาน	- ครูควรใช้คำถามช่วยกระตุ้นการคิดที่เป็นองค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงระบบนักเรียน เช่น อวัยวะที่เกี่ยวข้องในระบบมีอะไรบ้าง อวัยวะต่าง ๆ มีหน้าที่อะไร - ครูควบคุมเวลาในการทำกิจกรรมของนักเรียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง โดยมีขั้นตอนการดำเนินการดังนี้

การเตรียมนักเรียนก่อนการทดลอง

ผู้วิจัยเตรียมนักเรียนก่อนการทดลอง โดยแนะนำลักษณะรายวิชา จุดประสงค์รายวิชา การมอบหมายงานและการวัดประเมินผล รวมทั้งแนะนำการสร้างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบให้กับนักเรียนก่อนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ เพื่อให้นักเรียนเข้าใจหลักการในการเขียนผังมโนทัศน์จากหัวข้อทั่วไปที่นักเรียนคุ้นเคย เช่น สมาชิกในครอบครัว หรือหัวข้อที่นักเรียนเคยเรียนมาแล้ว เช่น ส่วนประกอบของเซลล์

การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูลระหว่างการทดลอง

1) ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงการคิดในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562

2) หลังจากสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้จบในแต่ละหัวข้อแล้วมอบหมายให้นักเรียนสร้างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบเป็นรายบุคคลเพื่ออธิบายสถานการณ์ที่กำหนดให้ หัวข้อละ 1 แผนผัง

3) เมื่อนักเรียนเรียนจบหน่วยการเรียนรู้แล้วมอบหมายให้นักเรียนสร้างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบเป็นรายบุคคลโดยใช้ความรู้ของทั้ง 4 ระบบที่ได้เรียนไปในการสร้างแผนผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบเพื่ออธิบายสถานการณ์ที่กำหนดให้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

การวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย วิเคราะห์ความสามารถในการคิดเชิงระบบดังนี้

1) คำนวณค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าคะแนนที (T-score) ของคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบหลังเรียน เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด เพื่อนำมาวิเคราะห์เกณฑ์ระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบในภาพรวมและวิเคราะห์เกณฑ์ระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบที่จำแนกตามองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบ โดยแบ่งออกเป็น 5 ระดับความสามารถ ได้แก่ ไม่มีความสามารถ มีความสามารถระดับต่ำ ปานกลาง สูง และสูงมาก เกณฑ์ที่วิเคราะห์จากคะแนนทีความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือดของนักเรียนจะนำไปพิจารณาความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนในทุกหัวข้อต่อไป

2) คำนวณค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และค่าคะแนนที (T-score) คะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบหลังเรียน ได้แก่หัวข้อเรื่อง ระบบหายใจ ระบบขับถ่าย ระบบประสาท และการประยุกต์รวมเนื้อหาของทุกระบบ

3) นำคะแนนทีของความสามารถในการคิดเชิงระบบหลังเรียนหัวข้อเรื่อง ระบบหายใจ ระบบขับถ่าย ระบบประสาท และการประยุกต์รวมเนื้อหาของทุกระบบ มาวิเคราะห์ระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนตามเกณฑ์ระดับความสามารถที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นจากการวิเคราะห์ข้อมูลของกลุ่มที่ศึกษา

4) วิเคราะห์คะแนนพัฒนาการระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบเปรียบเทียบระหว่างหัวข้อเรื่อง ระบบหายใจ และการประยุกต์รวมระบบต่าง ๆ เพื่อศึกษาพัฒนาการความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนในภาพรวม

จริยธรรมการวิจัย

เนื่องจากนักเรียนเป็นกลุ่มเปราะบาง การวิจัยครั้งนี้ได้คำนึงถึงจริยธรรมในการวิจัย โดยผู้วิจัยได้ขอนุญาตผู้อำนวยการโรงเรียนและนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาก่อนทำการวิจัยและเก็บข้อมูล ผู้วิจัยชี้แจงให้นักเรียนทราบถึงวัตถุประสงค์และวิธีดำเนินการวิจัยโดยละเอียด การเก็บรวบรวมข้อมูลได้รับการยินยอมจากนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาโดยสมัครใจ นักเรียนอาสาสมัครสามารถถอนตัวออกจากการวิจัยได้ตลอดเวลาและไม่ส่งผลกระทบต่อผลการเรียนของนักเรียน การรายงานผลการวิจัยมีการลงรหัสแทนชื่อในการรายงานผลการวิจัย ซึ่งมีเพียงผู้วิจัยเท่านั้นที่สามารถเข้าถึงข้อมูลดังกล่าวได้ เพื่อไม่ให้สามารถสืบย้อนไปยังโรงเรียนและนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาในภายหลัง ข้อมูลที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะเก็บรักษาไว้เป็นระยะเวลา 2 ปีหลังจากเผยแพร่ผลการวิจัยแล้วจึงจะนำไปทำลาย

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิจัยเรื่อง การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบร่างกายมนุษย์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด ผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลแบ่งเป็น 2 ตอน ตามลำดับดังนี้

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียน

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์พัฒนาการความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียน

ตอนที่ 1 ผลการวิเคราะห์ความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียน

การวิเคราะห์ความสามารถในการคิดเชิงระบบเป็นการวิเคราะห์จากคะแนนของนักเรียนซึ่งได้จากการประเมินผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบที่นักเรียนสร้างขึ้นหลังจากการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิดในแต่ละหัวข้อ ได้แก่ ระบบหมุนวียนเลือด ระบบหายใจ ระบบขับถ่าย ระบบประสาท และประยุกต์รวมหลายระบบภายในร่างกายมนุษย์ ตามลำดับ สามารถแสดงผลการวิเคราะห์ข้อมูลในแต่ละหัวข้อดังนี้

1. คะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

หัวข้อระบบหมุนเวียนเลือด เป็นหัวข้อแรกที่นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด จากการตรวจผังมโนทัศน์พบว่านักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบดังตารางที่ 16

ตารางที่ 16 ค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนแผนผังมโนทัศน์และระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา (n=25)

องค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงระบบ	คะแนนเต็ม	ค่าสถิติ		
		$\overline{X}$	$\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$	SD
1. การระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบ	10	7.56	75.6	1.81
2. การระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน	8	4.56	57	2.90
3. การระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการ	1	0.8	80	0.41
4. การจัดกรอบปฏิสัมพันธ์	4	2.32	58	1.46
รวม	23	15.28	66.43	6.04

เนื่องจากผู้วิจัยต้องการวิเคราะห์และกำหนดเกณฑ์ระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบจากข้อมูลของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาเพื่อนำมาอธิบายระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียน และคะแนนเต็มของความสามารถในการคิดเชิงระบบที่ได้จากการประเมินผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบของนักเรียนในแต่ละหัวข้อไม่เท่ากัน ผู้วิจัยจึงนำคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนรายบุคคลมาคำนวณเป็นคะแนนมาตรฐานที พบว่า คะแนนที่ต่ำสุดเท่ากับ 28.01 และคะแนนสูงสุด 62.79 โดยมีการแจกแจงความถี่ ดังตารางที่ 17

ตารางที่ 17 คะแนนทีความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด

คะแนน	คะแนนที	ความถี่	เปอร์เซ็นต์
2	28.01	1	4.00
3	29.66	1	4.00
7	36.29	2	8.00
11	42.91	5	20.00
15	49.54	1	4.00
16	51.19	1	4.00
18	54.50	5	20.00
20	57.82	5	20.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คะแนน	คะแนนที	ความถี่	เปอร์เซ็นต์
21	59.47	2	8.00
22	61.13	1	4.00
23	62.79	1	4.00

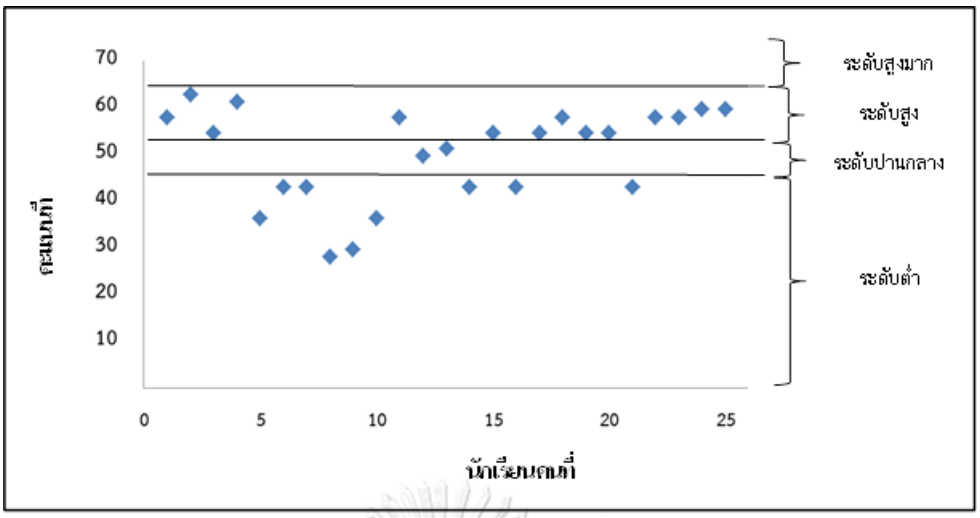
เมื่อนำคะแนนทีของความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด มาวิเคราะห์กำหนดเกณฑ์ระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบ โดยผู้วิจัยแบ่งระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบออกเป็น 5 ระดับความสามารถ ได้แก่ ได้แก่ ไม่มีความสามารถ มีความสามารถระดับต่ำ ปานกลาง สูง และสูงมาก ซึ่งสามารถแบ่งช่วงคะแนนได้ดังนี้

ตารางที่ 18 เกณฑ์ระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบ

คะแนนที	ระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบ
T>63.05	ระดับสูงมาก
54.35<T≤63.05	ระดับสูง
45.65 <T≤54.35	ระดับปานกลาง
T≤45.65	ระดับต่ำ
ไม่สามารถหาค่า T ได้ (กรณีที่คะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบเท่ากับ 0)	ไม่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบ

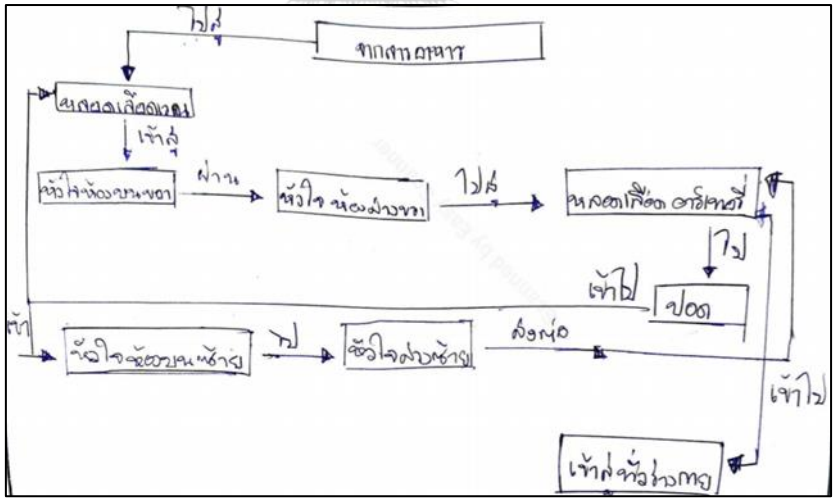
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

เมื่อพิจารณาคะแนนทีของนักเรียนรายบุคคลตามเกณฑ์ระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบที่วิเคราะห์จากคะแนนทีของความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียน เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด พบว่า ไม่พบนักเรียนที่ไม่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบและความสามารถในระดับสูงมาก นักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับสูงจำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 44.00 นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับต่ำจำนวน 9 คน คิดเป็นร้อยละ 36 นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับปานกลางจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 8 ตามลำดับ



ภาพที่ 13 คะแนนที่ความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ของนักเรียนรายบุคคลในแต่ละระดับความสามารถ

นอกจากนี้จากการตรวจผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด อยู่ในระดับสูงมีความถูกต้องสมบูรณ์ ดังภาพที่ 14



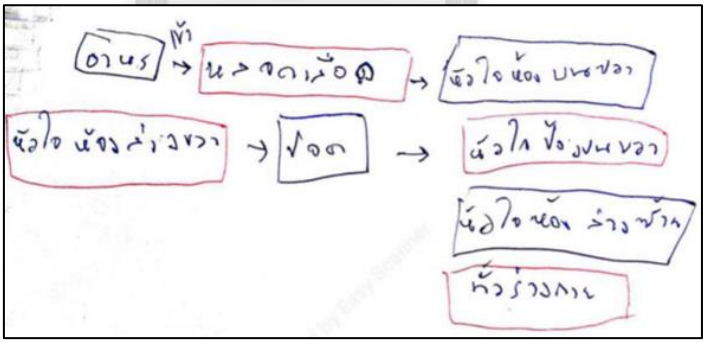
ภาพที่ 14 ตัวอย่างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ของนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับสูง

จากตัวอย่างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบของนักเรียน 1 คน จาก 11 คนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบในระดับสูง พบว่า นักเรียนสามารถระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบ ได้แก่

สารอาหาร หัวใจห้องบนซ้าย หัวใจห้องล่างซ้าย หัวใจห้องบนขวา หัวใจห้องล่างขวา หลอดเลือดเวน หลอดเลือดอาร์เทอรี ปอด และร่างกาย นักเรียนสามารถระบุความสัมพันธ์พื้นฐานที่แสดงทิศทางการหมุนเวียนของเลือดได้ถูกต้องและระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการที่สารอาหารจากภายนอกเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือด การจัดกรอบปฏิสัมพันธ์แบบตาข่าย

ภาพที่ 15 ตัวอย่างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด
ของนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับปานกลาง

จากตัวอย่างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบของนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบในระดับปานกลาง พบว่า นักเรียนสามารถระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบ ได้แก่ สารอาหาร หัวใจ หลอดเลือดเวน หลอดเลือดอาร์เทอรี และร่างกาย นักเรียนสามารถระบุความสัมพันธ์พื้นฐานที่แสดงทิศทางการหมุนเวียนของเลือดไม่สมบูรณ์ และระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการที่บ่งบอกว่าสารอาหารจากภายนอกเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือด การจัดกรอบปฏิสัมพันธ์แบบห่วงโซ่



ภาพที่ 16 ตัวอย่างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด
ของนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับต่ำ

จากตัวอย่างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบของนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับต่ำ พบว่า นักเรียนสามารถระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบ ได้แก่ สารอาหาร หัวใจ หลอดเลือด และร่างกาย แม้ว่านักเรียนจะระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการที่บ่งบอกว่า

สารอาหารจากภายนอกเข้าสู่ระบบหมุนเวียนเลือด แต่ไม่สามารถระบุความสัมพันธ์พื้นฐานที่แสดงทิศทางการหมุนเวียนเลือด การจัดกรอบปฏิสัมพันธ์เป็นแบบคู่

เมื่อพิจารณาคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ตามองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบ ได้แก่ การระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบ การระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน การระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการ และการจัดกรอบปฏิสัมพันธ์ โดยการนำคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบมาคำนวณคะแนนทีและวิเคราะห์เกณฑ์ระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบ โดยผู้วิจัยแบ่งระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบออกเป็น 5 ระดับความสามารถ ได้แก่ ไม่มีความสามารถ มีความสามารถระดับต่ำ ปานกลาง สูง และสูงมาก เพื่อใช้ในการอธิบายและเปรียบเทียบระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบแยกตามองค์ประกอบในแต่ละหัวข้อต่อไป มีรายละเอียดดังนี้

ความสามารถในการระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือดของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 7.56 คะแนน จากคะแนนเต็ม 10 คะแนน มีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน 1.81 เมื่อนำมาคำนวณค่าคะแนนที พบว่า คะแนนทีต่ำสุดเท่ากับ 19.19 และคะแนนทีสูงสุดเท่ากับ 63.52 โดยมีการแจกแจงความถี่ดังตารางที่ 19

ตารางที่ 19 คะแนนทีความสามารถในการระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คะแนน	คะแนนที	ความถี่	เปอร์เซ็นต์
2	19.19	1	4.00
3	24.73	1	4.00
6	41.36	1	4.00
7	46.90	7	28.00
8	52.44	7	28.00
9	57.98	7	28.00
10	63.52	1	4.00

เมื่อนำคะแนนทีของความสามารถในการระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบมาวิเคราะห์และกำหนดเกณฑ์ระดับความสามารถ โดยผู้วิจัยแบ่งระดับความสามารถในการระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบออกเป็น 5 ระดับความสามารถ เช่นเดียวกับคะแนนรวมความสามารถในการคิดเชิงระบบสามารถแบ่งช่วงคะแนนได้ดังนี้

ตารางที่ 20 เกณฑ์ระดับความสามารถในการระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบ

คะแนนที	**ระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบ**
T>66.62	ระดับสูงมาก
55.54<T≤66.62	ระดับสูง
44.46<T≤55.54	ระดับปานกลาง
T≤44.46	ระดับต่ำ
ไม่สามารถหาค่า T ได้ (กรณีที่คะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบเท่ากับ 0)	ไม่มีความสามารถในการระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบ

ความสามารถการระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ของนักเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.56 คะแนน จากคะแนนเต็ม 8 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.90 เมื่อนำมาคำนวณค่าคะแนนที พบว่า คะแนนทีต่ำสุดเท่ากับ 34.29 และคะแนนทีสูงสุดเท่ากับ 65.30 โดยมีการแจกแจงความถี่ดังตารางที่ 21

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 21 คะแนนทีความสามารถในการระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด

คะแนน	**คะแนนที**	**ความถี่**	**เปอร์เซ็นต์**
0	34.29	4	16.00
2	41.18	5	20.00
3	44.62	1	4.00
5	51.52	1	4.00
6	54.96	5	20.00
7	58.41	7	28.00
8	61.85	1	4.00

คะแนน	คะแนนที	ความถี่	เปอร์เซ็นต์
9	65.30	1	4.00

เมื่อนำคะแนนทีของความสามารถในการระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด มาวิเคราะห์กำหนดเกณฑ์ระดับความสามารถในการระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน พบว่า สามารถแบ่งช่วงคะแนนได้ดังนี้

ตารางที่ 22 เกณฑ์ระดับความสามารถในการระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน

คะแนนที	ระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบ
T>61.62	ระดับสูงมาก
53.88<T≤61.62	ระดับสูง
46.12<T≤53.88	ระดับปานกลาง
T≤46.12	ระดับต่ำ
ไม่สามารถหาค่า T ได้ (กรณีที่คะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบเท่ากับ 0)	ไม่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบ

ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0.8 จากคะแนนเต็ม 1 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 0.41 เมื่อนำมาคำนวณคะแนนที พบว่า คะแนนทีต่ำสุดเท่ากับ 30.40 และคะแนนทีสูงสุดเท่ากับ 54.90 โดยมีการแจกแจงความถี่ดังตารางที่ 23

CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 23 คะแนนทีความสามารถในการระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด

คะแนน	คะแนนที	ความถี่	เปอร์เซ็นต์
0	30.40	5	20.00
1	54.90	20	80.00

เมื่อนำคะแนนทีของความสามารถในการระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด มาวิเคราะห์กำหนดเกณฑ์ระดับความสามารถในการระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการ พบว่า สามารถแบ่งช่วงคะแนนได้ดังนี้

ตารางที่ 24 เกณฑ์ระดับความสามารถในการระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการ

คะแนนที	**ระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบ**
T>59.18	ระดับสูงมาก
53.06<T≤59.18	ระดับสูง
46.94<T≤53.06	ระดับปานกลาง
T≤46.94	ระดับต่ำ
ไม่สามารถหาค่า T ได้ (กรณีที่คะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบเท่ากับ 0)	ไม่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบ

ความสามารถในการจัดกรอบปฏิสัมพันธ์มีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 2.32 คะแนนจากคะแนนเต็ม 4 คะแนน เมื่อนำมาคำนวณค่าคะแนนที พบว่า คะแนนทีต่ำสุดเท่ากับ 33.84 และคะแนนทีสูงสุดเท่ากับ 61.71 โดยมีการแจกแจงความถี่ดังตารางที่ 25

ตารางที่ 25 คะแนนที่ความสามารถในการจัดกรอบปฏิสัมพันธ์ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด

คะแนน	**คะแนนที**	**ความถี่**	**เปอร์เซ็นต์**
0	33.84	4	16.00
1	40.80	5	20.00
3	54.74	11	44.00
4	61.71	5	20.00

เมื่อนำคะแนนทีของความสามารถในการจัดกรอบปฏิสัมพันธ์มาวิเคราะห์กำหนดเกณฑ์ระดับความสามารถในการจัดกรอบปฏิสัมพันธ์ พบว่า สามารถแบ่งช่วงคะแนนได้ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตารางที่ 26 เกณฑ์ระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบ

คะแนนที	ระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบ
T>60.45	ระดับสูงมาก
53.49<T≤60.45	ระดับสูง
46.51<T≤53.49	ระดับปานกลาง
T≤46.51	ระดับต่ำ
ไม่สามารถหาค่า T ได้ (กรณีที่คะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบเท่ากับ 0)	ไม่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบ

เมื่อพิจารณาจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถจำแนกตามองค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงระบบ จากเกณฑ์ระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบที่วิเคราะห์จากคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ของนักเรียน

ตารางที่ 27 จำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด

องค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงระบบ	จำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถ				
	ไม่มีความสามารถ	ระดับต่ำ	ระดับปานกลาง	ระดับสูง	ระดับสูงมาก
1. การระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบ	0 (0%)	3 (12%)	14 (56%)	8 (32%)	0 (0%)
2. การระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน	0 (0%)	10 (40%)	1 (4%)	12 (48%)	2 (8%)
3. การระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการ	0 (0%)	5 (20%)	0 (0%)	20 (80%)	0 (0%)
4. การจัดกรอบปฏิสัมพันธ์	0 (0%)	9 (36%)	0 (0%)	11 (44%)	5 (20%)

จากตารางที่ 27 พบว่า เมื่อพิจารณาจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถ พบว่านักเรียนทุกคนสามารถระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบหมุนเวียนเลือดได้ โดยนักเรียนส่วน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ใหญ่มีความสามารถในการระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบอยู่ในระดับปานกลาง ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน ความสามารถในการระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการ และการจัดกรอบปฏิสัมพันธ์อยู่ในระดับสูง นอกจากนี้การระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการในเนื้อหาเรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด มีคะแนนเต็มเพียง 1 คะแนน โดยที่นักเรียนต้องระบุว่าเมื่อมีการรบกวนระบบหมุนเวียนเลือดจากภายนอกคือสารอาหารที่ฉีดเข้ามาในร่างกาย สารอาหารจะเข้าไปสู่หลอดเลือดเวน ทำให้ผลการประเมินความสามารถในการระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการพบนักเรียนที่มีความสามารถในระดับต่ำและนักเรียนที่มีความสามารถในระดับสูงเท่านั้น และไม่มีค่าคะแนนที่อยู่ตรงกลาง

2. คะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหายใจ

ตารางที่ 28 ค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนแผนผังมโนทัศน์และระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหายใจ ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา (n=25)

องค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงระบบ	คะแนนเต็ม	ค่าสถิติ		
		$\overline{X}$	$\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$	SD
1. การระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบ	10	4.2	42	0.65
2. การระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน	6	2.76	46	0.72
3. การระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการ	7	0.64	9.14	0.64
4. การจัดกรอบปฏิสัมพันธ์	4	2.92	73	0.4
รวม	27	10.52	38.96	1.67

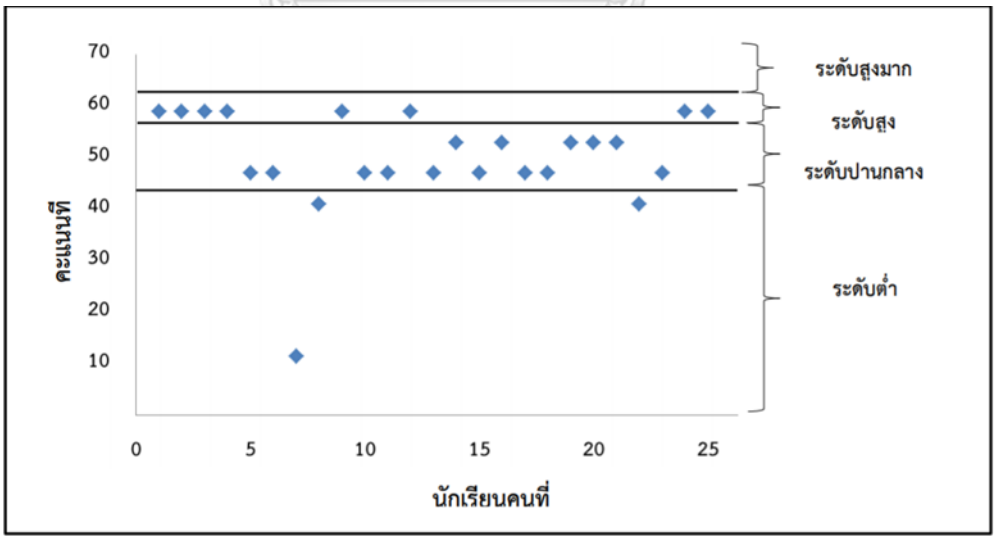
เมื่อนำคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหายใจ ของนักเรียนรายบุคคลมาคำนวณเป็นคะแนนมาตรฐานที พบว่า คะแนนทีต่ำสุดเท่ากับ 33.84 และคะแนนทีสูงสุดเท่ากับ 58.78 โดยมีการแจกแจงความถี่ดังนี้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

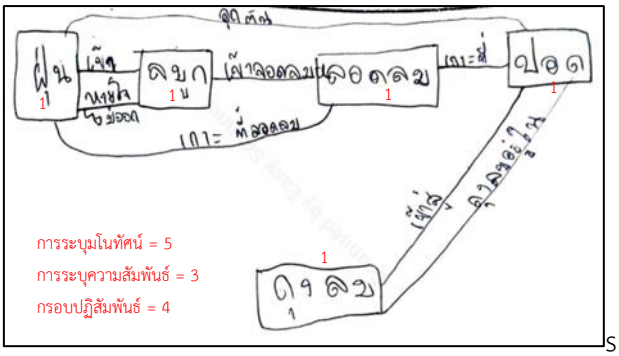
ตารางที่ 29 คะแนนทีความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหายใจ

คะแนนดิบ	คะแนนที	ความถี่	เปอร์เซ็นต์
4	33.84	1	4.00
9	40.99	2	8.00
10	46.92	9	36.00
11	52.85	5	20.00
12	58.78	8	32.00

เมื่อพิจารณาคะแนนทีของนักเรียนรายบุคคลตามเกณฑ์ระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบที่วิเคราะห์จากคะแนนทีของความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียน เรื่อง ระบบหายใจ พบว่า ไม่พบนักเรียนที่ไม่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบและความสามารถในระดับสูงมาก นักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับสูงจำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 56.00 นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับปานกลางจำนวน 8 คน คิดเป็นร้อยละ 32.00 และนักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับสูงระดับต่ำจำนวน 3 คน คิดเป็นร้อยละ 12.00 ตามลำดับ



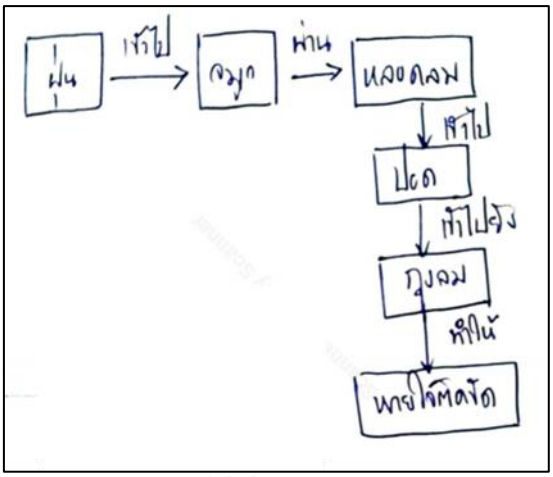
ภาพที่ 17 คะแนนทีความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหายใจ ของนักเรียนรายบุคคลในแต่ละระดับความสามารถ



ภาพที่ 18 ตัวอย่างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหายใจ ของนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับสูง

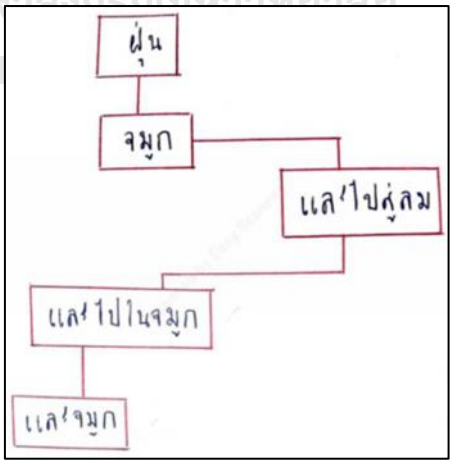
จากตัวอย่างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหายใจ แสดงให้เห็นว่านักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบในระดับสูงสามารถระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบ ได้แก่ ฝุ่น จมูก หลอดลม ถุงลม แต่ไม่ปรากฏมโนทัศน์ขนจมูกหรือเมือกในโพรงจมูกซึ่งมีส่วนช่วยในการกรองฝุ่นเป็นลำดับแรก และการระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการ นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าฝุ่นที่ผ่านเข้าไปตามทางเดินหายใจจะเข้าไปสะสมอยู่ภายในปอดหรือถุงลมทำให้หายใจได้ไม่สะดวก แต่นักเรียนไม่ได้อธิบายผลว่าจะก่อให้เกิดอาการหรือผลกระทบต่อระบบหายใจอย่างไร นอกจากนี้นักเรียนไม่ได้พิจารณาว่าการหายใจออกว่ามีส่วนช่วยในการลดฝุ่นละอองที่หายใจเข้าไปได้ การจัดกรอบปฏิสัมพันธ์ของนักเรียนอยู่ในรูปแบบห่วงโซ่ที่แสดงให้เห็นเส้นทางการหายใจนำไปฝุ่นเข้าไปสะสมภายในถุงลมในปอด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



ภาพที่ 19 ตัวอย่างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหายใจ
ของนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับปานกลาง

จากตัวอย่างผังมโนทัศน์ นักเรียนที่มีความสามารถในระดับปานกลางสามารถระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบได้และไม่ปรากฏมโนทัศน์ขนจมูกและเมือกในโพรงจมูก รวมทั้งไม่ปรากฏการแสดงความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างระหว่างถุงลมกับปอด ในขณะที่การระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการ นักเรียนสามารถอธิบายได้ว่าฝุ่นที่ผ่านเข้าไปตามทางเดินหายใจจะเข้าไปสะสมอยู่ภายในปอดหรือถุงลมทำให้หายใจไม่สะดวก การจัดกรอบปฏิสัมพันธ์อยู่ในรูปแบบห่วงโซ่เช่นเดียวกันกับนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับสูง แต่ผังมโนทัศน์มีความซับซ้อนน้อยกว่า



ภาพที่ 20 ตัวอย่างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหายใจ
ของนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับต่ำ

จากตัวอย่างผังมโนทัศน์ นักเรียนที่มีความสามารถในระดับต่ำสามารถระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบ ได้แก่ ฝุ่น และจมูก ไม่ปรากฏโนทัศน์ขนจมูกหรือเมือกในโพรงจมูกเช่นเดียวกัน นักเรียนไม่สามารถระบุความสัมพันธ์เชิงโครงสร้างและความสัมพันธ์เชิงกระบวนการภายในระบบได้ ส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถจัดกรอบปฏิสัมพันธ์ได้

ตารางที่ 30 จำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถ เรื่อง ระบบหายใจ

องค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงระบบ	**จำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถ**			
	ระดับต่ำ	**ระดับปานกลาง**	**ระดับสูง**	**ระดับสูงมาก**
1. การระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบ	1 (4%)	17 (68%)	7 (28%)	0 (0%)
2. การระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน	5 (20%)	19 (76%)	0 (0%)	1 (4%)
3. การระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการ	11 (44%)	0 (4%)	12 (48%)	2 (8%)
4. การจัดกรอบปฏิสัมพันธ์	1 (4%)	24 (96%)	0 (0%)	0 (0%)
คะแนนรวม	3 (12%)	14 (56%)	8 (32%)	0 (0%)

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 30 พบว่า เมื่อพิจารณาจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถจำแนกตามองค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงระบบ จากเกณฑ์ระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบที่วิเคราะห์ขึ้น พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการระบุมโนทัศน์ การระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน และการจัดกรอบปฏิสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง และความสามารถในการระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการอยู่ในระดับสูง

3. คะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบขับถ่าย

ตารางที่ 31 ค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนแผนผังมโนทัศน์และระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบขับถ่าย ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา (n=25)

องค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงระบบ	คะแนนเต็ม	ค่าสถิติ		
		$\overline{X}$	$\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$	SD
1. การระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบ	7	3.08	44	0.81
2. การระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน	2	0	0	0
3. การระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการ	6	1.28	21.33	1.06
4. การจัดกรอบปฏิสัมพันธ์	4	1.24	31	0.97
รวม	19	5.72	31.78	3.10

เมื่อนำคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบขับถ่าย ของนักเรียนรายบุคคลมาคำนวณเป็นคะแนนมาตรฐานที พบว่า คะแนนทีต่ำสุดเท่ากับ 34.79 และคะแนนทีสูงสุดเท่ากับ 79.90 โดยมีการแจกแจงความถี่ดังนี้

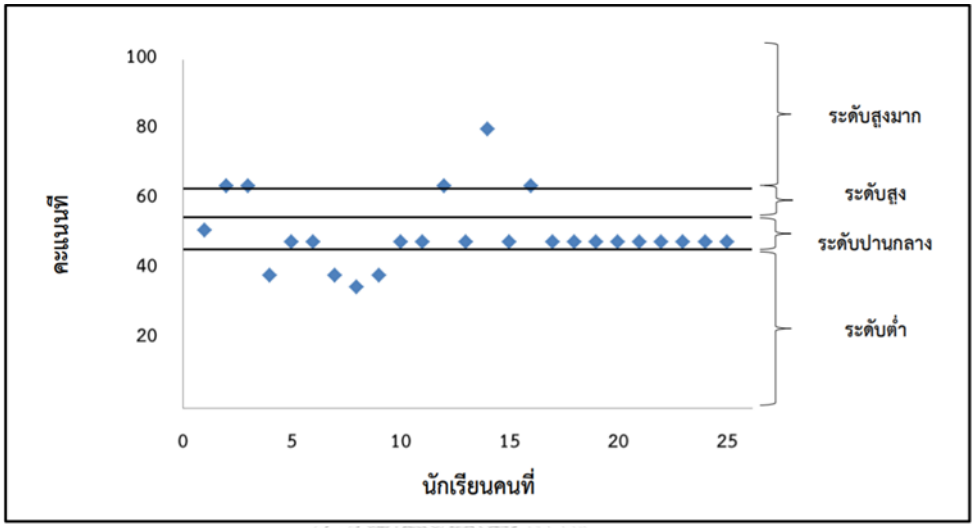
ตารางที่ 32 คะแนนทีความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบขับถ่าย

คะแนน	คะแนนที	ความถี่	เปอร์เซ็นต์
1	34.79	1	4.00
2	38.01	3	12.00
5	47.68	15	60.00
6	50.90	1	4.00
10	63.79	4	16.00
15	79.90	1	4.00

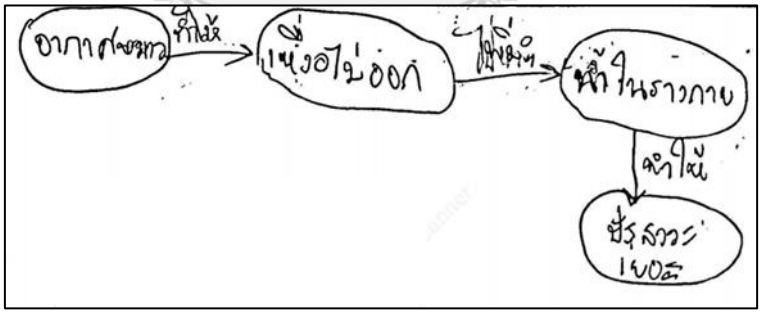
เมื่อพิจารณาคะแนนทีของนักเรียนรายบุคคลตามเกณฑ์ระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบ พบว่า ไม่พบนักเรียนที่ไม่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบในระดับสูง นักเรียนส่วนใหญ่มี

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

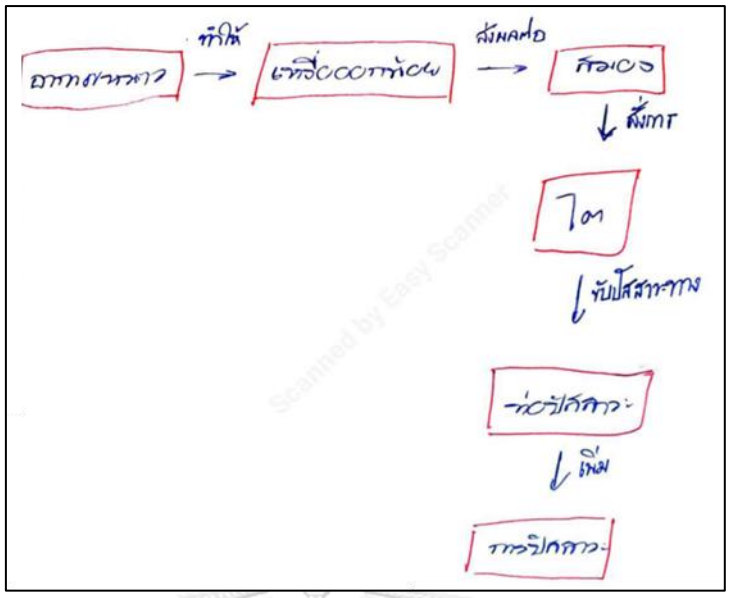
คะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับปานกลางจำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 64.00 นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับสูงมากจำนวน 5 คน คิดเป็นร้อยละ 20.00 และนักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับสูงระดับต่ำจำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 16.00 ตามลำดับ



ภาพที่ 21 คะแนนทีความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบขับถ่าย ของนักเรียนรายบุคคลในแต่ละระดับความสามารถ



ภาพที่ 22 ตัวอย่างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบขับถ่าย ของนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับสูง



ภาพที่ 23 ตัวอย่างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบขับถ่าย
ของนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับปานกลาง

จากตัวอย่างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบขับถ่าย ดังภาพที่ 22-23 แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบได้ซึ่งเป็นมโนทัศน์ที่ปรากฏอยู่ภายในสถานการณ์ปัญหาและคำถามที่ครูใช้ แต่ไม่ปรากฏมโนทัศน์ไต หน่วยไต และการดูดกลับของน้ำ ดังนั้นนักเรียนทุกคนจึงไม่คะแนนการระบุความสัมพันธ์พื้นฐานที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างไตกับหน่วยไต นักเรียนสามารถระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงของการขับเหงื่อ การเปลี่ยนแปลงของปริมาณนำในเลือดและการขับปัสสาวะได้ การจัดกรอบปฏิสัมพันธ์เป็นแบบห่วงโซ่ ในขณะที่นักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับปานกลางสามารถระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการซึ่งแสดงการเปลี่ยนแปลงของการขับปัสสาวะเนื่องมาจากอากาศหนาว มีการจัดกรอบปฏิสัมพันธ์แบบคู่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 33 จำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถ เรื่อง ระบบขับถ่าย

องค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงระบบ	**จำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถ**				
	ไม่มีความสามารถ	**ระดับต่ำ**	**ระดับปานกลาง**	**ระดับสูง**	**ระดับสูงมาก**
1. การระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบ	0 (0%)	4 (16%)	15 (60%)	5 (20%)	1 (4%)
2. การระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน	25 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
3. การระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการ	0 (0%)	4 (16%)	16 (64%)	0 (0%)	5 (20%)
4. การจัดกรอบปฏิสัมพันธ์	0 (0%)	4 (16%)	16 (64%)	0 (0%)	5 (20%)
คะแนนรวม	0 (0%)	4 (16%)	16 (64%)	0 (0%)	5 (20%)

หมายเหตุ การระบุความสัมพันธ์พื้นฐานเป็นการระบุความสัมพันธ์ในระดับเซลล์และมีคะแนนเต็ม 1 คะแนน

จากตารางที่ 33 พบว่า เมื่อพิจารณาจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถจำแนกตามองค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงระบบ จากเกณฑ์ระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบที่วิเคราะห์ขึ้น พบว่า นักเรียนทุกคนไม่มีความสามารถในการระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน และนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการระบุมโนทัศน์ การระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการ และการจัดกรอบปฏิสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. คะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบประสาท

ตารางที่ 34 ค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนแผนผังมโนทัศน์และระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบประสาท ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา (n=25)

องค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงระบบ	คะแนนเต็ม	ค่าสถิติ		
		$\overline{X}$	$\overline{X}_{\text{ร้อยละ}}$	SD
1. การระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบ	7	2.64	37.71	0.95
2. การระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน	2	0	0	0
3. การระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการ	5	1.04	20.8	1.34
4. การจัดกรอบปฏิสัมพันธ์	4	1.12	28	1.37
รวม	18	4.76	25.05	3.54

เมื่อนำคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบประสาท ของนักเรียนรายบุคคลมาคำนวณเป็นคะแนนมาตรฐานที พบว่า คะแนนทีต่ำสุดเท่ากับ 42.20 และคะแนนทีสูงสุดเท่ากับ 70.46 โดยมีการแจกแจงความถี่ดังนี้

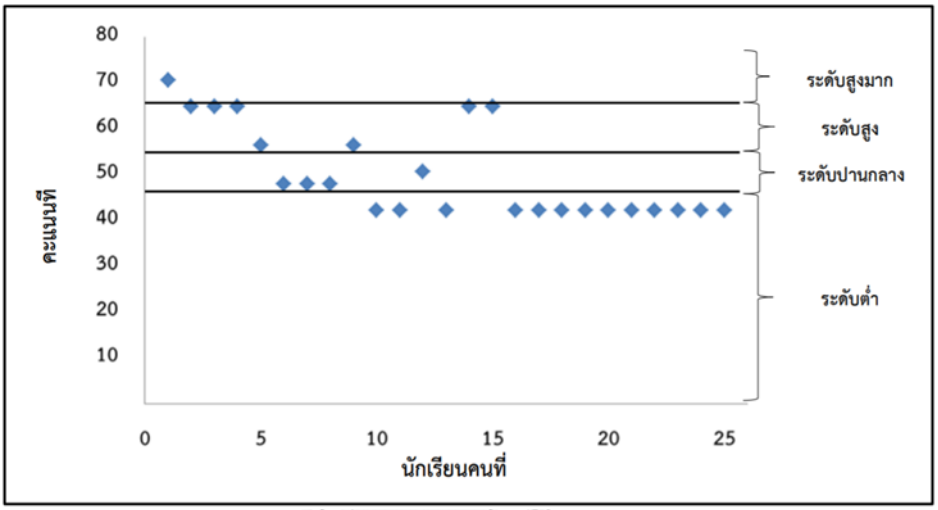
ตารางที่ 35 คะแนนทีความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบประสาท

คะแนน	คะแนนที	ความถี่	เปอร์เซ็นต์
2	42.20	13	52.00
4	47.85	3	12.00
5	50.68	1	4.00
7	56.33	2	8.00
10	64.80	5	20.00
12	70.46	1	4.00

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

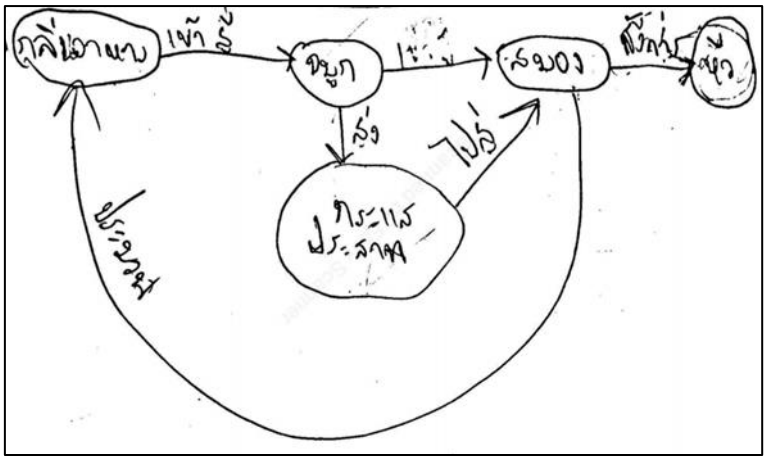
เมื่อพิจารณาคะแนนทีของนักเรียนรายบุคคลตามเกณฑ์ระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบที่วิเคราะห์จากคะแนนทีของความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียน เรื่อง ระบบ

ประสาท พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับต่ำจำนวน 13 คน คิดเป็นร้อยละ 52.00 นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับสูงมาก จำนวน 7 คน คิดเป็นร้อยละ 28.00 นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับปานกลางจำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 16.00 และนักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับสูงมากจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 4.00 ตามลำดับ

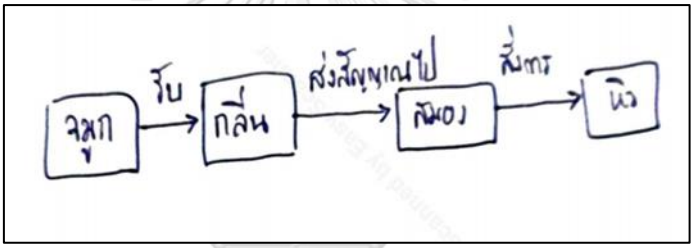


ภาพที่ 24 คะแนนทีความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบประสาท ของนักเรียนรายบุคคลในแต่ละระดับความสามารถ

นอกจากนี้จากการตรวจผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ พบว่า นักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบประสาท อยู่ในระดับสูงมาก มีตัวอย่างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบดังภาพที่ 25



ภาพที่ 25 ตัวอย่างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหายใจ ของนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับสูงมาก



ภาพที่ 26 ตัวอย่างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหายใจ ของนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับปานกลาง

ภาพที่ 27 ตัวอย่างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหายใจ ของนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับต่ำ

จากการตรวจผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบประสาท ดังภาพที่ 25-27 พบว่า นักเรียนใหญ่สามารถระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบ ซึ่งเป็นมโนทัศน์ที่ปรากฏอยู่ในสถานการณ์ปัญหา ในขณะที่มีนักเรียนบางส่วนสามารถระบุมโนทัศน์อวัยวะรับกลิ่น ได้แก่ จมูก อวัยวะและโครงสร้างที่ทำหน้าที่ประมวลผลและสั่งการ ได้แก่ สมอง เส้นประสาท และไม่ปรากฏมโนทัศน์เซลล์ประสาทในผังมโนทัศน์ของนักเรียนจึงทำให้นักเรียนทุกคนไม่ได้คะแนนการระบุ

ความสัมพันธ์พื้นฐานที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างเซลล์ประสาทรับกลิ่นในจมูก และเซลล์ประสาทในสมอง นักเรียนสามารถระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการแสดงกลไกการตอบสนองต่อสิ่งเร้าได้ การจัดกรอบปฏิสัมพันธ์ที่ปรากฏมีทั้งแบบห่วงโซ่และแบบกิ่ง

ตารางที่ 36 จำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถ เรื่อง ระบบประสาท

องค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงระบบ	**จำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถ**				
	ไม่มีความสามารถ	**ระดับต่ำ**	**ระดับปานกลาง**	**ระดับสูง**	**ระดับสูงมาก**
1. การระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบ	0 (0%)	16 (64%)	3 (12%)	5 (20%)	1 (4%)
2. การระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน	25 (100%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)
3. การระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการ	0 (0%)	13 (52%)	5 (20%)	1 (4%)	6 (24%)
4. การจัดกรอบปฏิสัมพันธ์	0 (0%)	13 (52%)	4 (16%)	8 (32%)	0 (0%)
คะแนนรวม	0 (0%)	13 (52%)	4 (16%)	7 (28%)	1 (4%)

หมายเหตุ การระบุความสัมพันธ์พื้นฐานเป็นการระบุความสัมพันธ์ในระดับเซลล์และมีคะแนนเต็ม 1 คะแนน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 36 พบว่า เมื่อพิจารณาจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถจำแนกตามองค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงระบบ จากเกณฑ์ระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบที่วิเคราะห์ขึ้น พบว่า นักเรียนทุกคนไม่มีความสามารถในการระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการ และนักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการระบุมโนทัศน์ การระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการ และการจัดกรอบปฏิสัมพันธ์อยู่ในระดับต่ำ

5. ความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง การประยุกต์รวมระบบในร่างกายมนุษย์

ตารางที่ 37 ค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนนแผนผังมโนทัศน์และระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบเรื่อง การประยุกต์รวมระบบในร่างกายมนุษย์ ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา (n=25)

องค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงระบบ	คะแนนเต็ม	ค่าสถิติ		
		$\overline{X}$	$\overline{X}_{ร้อยละ}$	SD
1. การระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบ	13	8	61.54	1.68
2. การระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน	9	6.6	73.33	2.10
3. การระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการ	4	1.04	26	0.45
4. การจัดกรอบปฏิสัมพันธ์	4	3.16	79	0.62
รวม	30	18.76	62.53	4.20

เมื่อนำคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง การประยุกต์รวมระบบในร่างกายมนุษย์ ของนักเรียนรายบุคคลมาคำนวณเป็นคะแนนมาตรฐานที พบว่า คะแนนที่ต่ำสุดเท่ากับ 17.21 และคะแนนที่สูงสุดเท่ากับ 74.40 โดยมีการแจกแจงความถี่ดังนี้

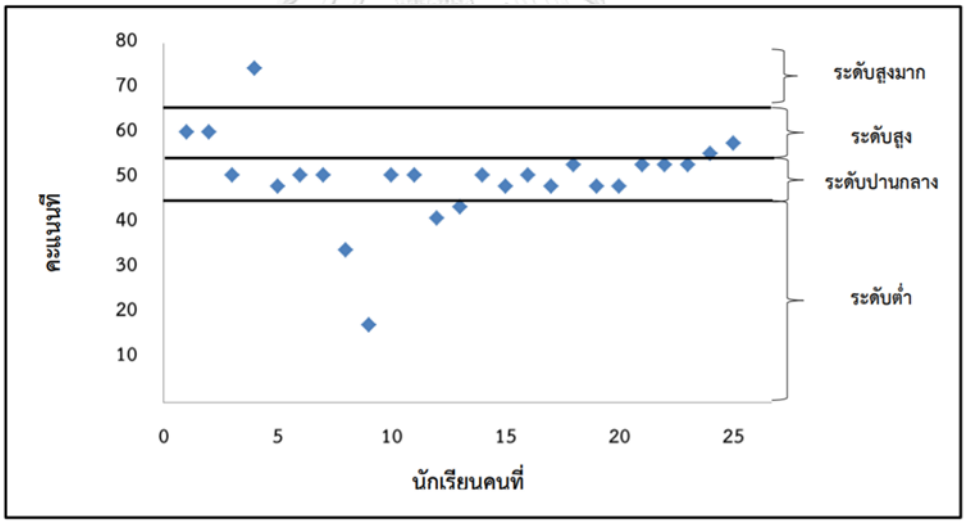
ตารางที่ 38 คะแนนทีความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง การประยุกต์รวมระบบในร่างกายมนุษย์

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

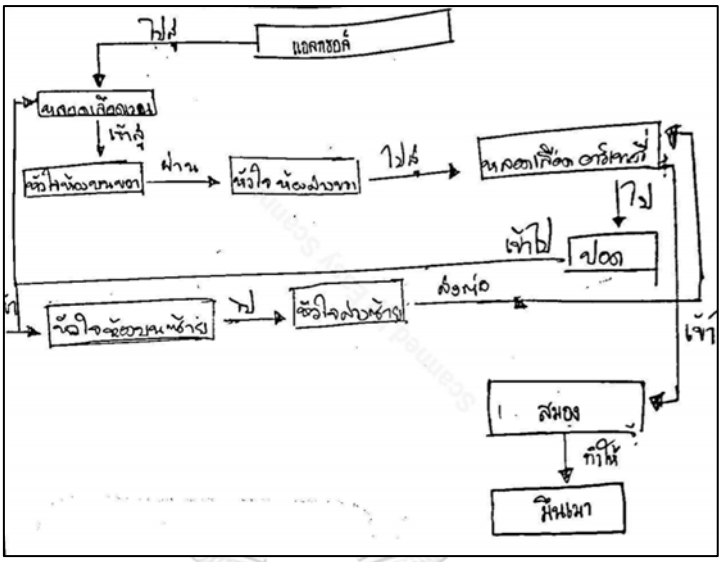
คะแนน	คะแนนที	ความถี่	เปอร์เซ็นต์
5	17.21	1	4.00
12	33.89	1	4.00
15	41.04	1	4.00
16	43.42	1	4.00
18	48.19	5	20.00
19	50.57	7	28.00
20	52.96	4	16.00
21	55.34	1	4.00

คะแนน	คะแนนที	ความถี่	เปอร์เซ็นต์
22	57.72	1	4.00
23	60.10	2	8.00
29	74.40	1	4.00

เมื่อพิจารณาคะแนนทีของนักเรียนรายบุคคลตามเกณฑ์ระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบที่วิเคราะห์จากคะแนนทีของความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียน เรื่อง การประยุกต์รวมระบบในร่างกายมนุษย์ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับปานกลางจำนวน 16 คน คิดเป็นร้อยละ 64.00 นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับต่ำจำนวน 4 คน คิดเป็นร้อยละ 16.00 นักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับสูงจำนวน 2 คน คิดเป็นร้อยละ 16.00 และนักเรียนมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับสูงมากจำนวน 1 คน คิดเป็นร้อยละ 4.00 ตามลำดับ



ภาพที่ 28 คะแนนทีความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง การประยุกต์รวมระบบในร่างกายมนุษย์ของนักเรียนรายบุคคลในแต่ละระดับความสามารถ



ภาพที่ 29 ตัวอย่างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง การประยุกต์รวมระบบร่างกายมนุษย์ของนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับสูงมาก

จากการตรวจผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง การประยุกต์รวมระบบร่างกายมนุษย์ พบว่า นักเรียนสามารถระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบได้ซึ่งส่วนใหญ่เป็นมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับระบบหมุนเวียนเลือด นักเรียนสามารถระบุความสัมพันธ์พื้นฐานระหว่างมโนทัศน์และความสัมพันธ์เชิงกระบวนการที่เทียบเคียงกับมโนทัศน์ที่นักเรียนเคยสร้างก่อนหน้าได้ การจัดกรอบปฏิสัมพันธ์ที่ปรากฏมีทั้งแบบตาข่าย ห่วงโซ่ และแบบคู่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตารางที่ 39 จำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถ เรื่อง การประยุกต์รวมระบบร่างกายมนุษย์

องค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงระบบ	**จำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถ**			
	ระดับต่ำ	**ระดับปานกลาง**	**ระดับสูง**	**ระดับสูงมาก**
1. การระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบ	10 (40%)	6 (24%)	8 (32%)	1 (4%)
2. การระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน	4 (16%)	12 (48%)	7 (28%)	2 (8%)
3. การระบุความสัมพันธ์เชิงกระบวนการ	2 (8%)	20 (80%)	0 (0%)	3 (12%)

องค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงระบบ	จำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถ			
	ระดับต่ำ	ระดับปานกลาง	ระดับสูง	ระดับสูงมาก
4. การจัดกรอบปฏิสัมพันธ์	1 (4%)	18 (72%)	0 (0%)	6 (24%)
คะแนนรวม	4 (16%)	16 (64%)	4 (16%)	1 (4%)

จากตารางที่ 39 พบว่า เมื่อพิจารณาจำนวนนักเรียนในแต่ละระดับความสามารถจำแนกตามองค์ประกอบของความสามารถในการคิดเชิงระบบ จากเกณฑ์ระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบที่วิเคราะห์ขึ้น พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบอยู่ในระดับต่ำ และความสามารถในการระบุความสัมพันธ์พื้นฐาน ความสัมพันธ์เชิงกระบวนการ และการจัดกรอบปฏิสัมพันธ์อยู่ในระดับปานกลาง

นอกจากนี้เมื่อพิจารณาความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนรายบุคคล พบว่านักเรียนมีระดับความสามารถในแต่ละหัวข้อดังนี้

ตารางที่ 40 ระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนรายบุคคลในแต่ละหัวข้อ

นักเรียนคนที่	ระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบ				
	ระบบหมุนเวียนเลือด	ระบบหายใจ	ระบบขับถ่าย	ระบบประสาท	ประยุกต์รวมระบบต่างๆ ในร่างกาย
1	สูง	สูง	ปานกลาง	สูงมาก	สูง
2	สูง	สูง	สูงมาก	สูง	สูง
3	สูง	สูง	สูงมาก	สูง	ปานกลาง
4	สูง	สูง	ต่ำ	สูง	สูงมาก
5	ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง	สูง	ปานกลาง
6	ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง	ปานกลาง
7	ต่ำ	ต่ำ	ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นักเรียนคนที่	ระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบ				
	ระบบหมุนเวียนเลือด	ระบบหายใจ	ระบบขับถ่าย	ระบบประสาท	ประยุกต์รวมระบบต่างๆในร่างกาย
8	ต่ำ	ปานกลาง	ต่ำ	ปานกลาง	ต่ำ
9	ต่ำ	สูง	ต่ำ	สูง	ต่ำ
10	ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ	ปานกลาง
11	สูง	ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ	ปานกลาง
12	สูง	สูง	สูง	ปานกลาง	ต่ำ
13	สูง	ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ	ต่ำ
14	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	สูง	ปานกลาง
15	สูง	ปานกลาง	ปานกลาง	สูง	ปานกลาง
16	ต่ำ	ปานกลาง	สูง	ต่ำ	ปานกลาง
17	สูง	ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ	ปานกลาง
18	สูง	ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ	ปานกลาง
19	สูง	ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ	ปานกลาง
20	สูง	ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ	ปานกลาง
21	ต่ำ	ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ	ปานกลาง
22	สูง	ต่ำ	ปานกลาง	ต่ำ	ปานกลาง
23	สูง	ปานกลาง	ปานกลาง	ต่ำ	ปานกลาง
24	สูง	สูง	ปานกลาง	ต่ำ	สูง
25	สูง	สูง	ปานกลาง	ต่ำ	สูง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

จากตารางที่ 40 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่องระบบหมุนเวียนเลือดอยู่ในระดับสูง ในขณะที่หัวข้อระบบหายใจ ระบบขับถ่าย และการประยุกต์รวมระบบในร่างกายมนุษย์ นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับ

ปานกลาง และหัวข้อระบบประสาท นักเรียนส่วนใหญ่มีระดับความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับดับต่ำ

ตอนที่ 2 ผลการวิเคราะห์พัฒนาการความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียน

การวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการเป็นการคำนวณค่าพัฒนาการเปรียบเทียบระหว่างเรื่องระบบหายใจ และการประยุกต์รวมระบบร่างกายมนุษย์ เพื่อดูพัฒนาการความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนในภาพรวมหลังจากการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงการคิด พบว่านักเรียนแต่ละคนมีคะแนนพัฒนาการดังนี้

ตารางที่ 41 คะแนนพัฒนาการความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนรายบุคคล

นักเรียนคนที่	$T_{ระบบหายใจ}$	$T_{ประยุกต์รวมระบบร่างกายมนุษย์}$	คะแนนพัฒนาการ
1	58.78	60.10	2.21
2	58.78	60.10	2.21
3	58.78	50.57	-16.22
4	58.78	74.40	21.00
5	46.92	48.19	2.64
6	46.92	50.57	7.23
7	11.33	50.57	77.59
8	40.99	33.89	-20.94
9	58.78	17.21	-241.59
10	46.92	50.57	7.23
11	46.92	50.57	7.23
12	58.78	41.04	-43.22
13	46.92	43.42	-8.046
14	52.85	50.57	-4.498
15	46.92	48.19	2.64
16	52.85	50.57	-4.50

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

นักเรียนคนที่	$T_{ระบบหายใจ}$	$T_{ประยุกต์รวมระบบร่างกายมนุษย์}$	คะแนนพัฒนาการ
17	46.92	48.19	2.64
18	46.92	52.96	11.40
19	52.85	48.19	-9.67
20	52.85	48.19	-9.67
21	52.85	52.96	0.20
22	40.99	52.96	22.60
23	46.92	52.96	11.40
24	58.78	55.34	-6.21
25	58.78	57.72	-1.83

เมื่อพิจารณาคะแนนพัฒนาการความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนรายบุคคล พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงระบบเพิ่มสูงขึ้นจำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 56.00 โดยนักเรียนคนที่ 7 มีการเปลี่ยนแปลงความสามารถในการคิดเชิงระบบเพิ่มสูงขึ้นมากที่สุด นอกจากนี้มีนักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบลดลงจำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 44 โดยเฉพาะนักเรียนคนที่ 9 มีคะแนนพัฒนาการความสามารถในการคิดเชิงระบบลดต่ำลงอย่างมาก เมื่อพิจารณามโนทัศน์ในหัวข้อการประยุกต์รวมของระบบร่างกายมนุษย์ ซึ่งประกอบด้วยมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องกับระบบหมุนเวียนเลือด ระบบขับถ่าย และระบบประสาทเชื่อมโยงกัน โดยมโนทัศน์ในระบบหมุนเวียนเลือดเป็นส่วนที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแอลกอฮอล์กับมโนทัศน์ในระบบขับถ่ายและระบบประสาท ซึ่งเนื้อหาส่วนของการลำเลียงแอลกฮอล์ผ่านหลอดเลือดไปมีผลต่อไตและสมองเป็นส่วนที่ยากต่อการทำความเข้าใจของนักเรียน นักเรียนบางคนที่มีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบในเรื่องระบบหมุนวียนเลือดดีจึงสามารถมีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบในหัวข้อการประยุกต์รวมต่ำ นอกจากนี้นักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบเรื่องระบบหมุนเวียนเลือดต่ำ จึงมีความสามารถในการคิดเชิงระบบในภาพรวมของมโนทัศน์ในหัวข้อการประยุกต์รวมของระบบร่างกายมนุษย์ต่ำลงอย่างมาก เนื่องจากนักเรียนไม่สามารถแสดงกลไกการลำเลียงสารในระบบหมุนเวียนเลือด ที่เชื่อมโยงมโนทัศน์ในระบบขับถ่ายและระบบประสาทได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัย อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยเรื่องการพัฒนาการคิดเชิงระบบเรื่องระบบร่างกายมนุษย์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด มีวัตถุประสงค์เพื่อวิเคราะห์ความสามารถในการคิดเชิงระบบเรื่องระบบร่างกายมนุษย์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นหลังได้รับการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ในโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 2 กระทรวงศึกษาธิการ กรุงเทพมหานคร จำนวน 1 ห้องเรียน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยมี 2 ชุด คือ เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง ได้แก่ แผนการสอนวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด และเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบประเมินความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียน แล้วนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์เพื่อหาค่าเฉลี่ย ค่าเฉลี่ยร้อยละ ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน คะแนนที และคะแนนพัฒนาการ

สรุปผลการวิจัย

จากการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อศึกษาความสามารถในการคิดเชิงระบบเรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ระบบหายใจ ระบบขับถ่าย ระบบประสาท และการประยุกต์รวมระบบร่างกายมนุษย์ ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้นที่เรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด สรุปผลการวิจัยได้ว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบเรื่อง การประยุกต์รวมระบบร่างกายมนุษย์ อยู่ในระดับปานกลาง ระบบร่างกายที่นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงระบบระดับสูง คือ ระบบหมุนเวียนเลือด ระบบร่างกายที่นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงระบบระดับปานกลาง คือ ระบบหายใจ และระบบขับถ่าย และระบบร่างกายที่นักเรียนส่วนใหญ่มีการคิดเชิงระบบระดับต่ำ คือ ระบบประสาท สำหรับพัฒนาการความสามารถในการคิดเชิงระบบที่คำนวณค่าพัฒนาการเปรียบเทียบระหว่างเรื่อง ระบบหายใจ และการประยุกต์รวมระบบร่างกายมนุษย์ พบว่า นักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงระบบสูงขึ้นจำนวน 14 คน คิดเป็นร้อยละ 56.00 และนักเรียนมีความสามารถในการคิดเชิงระบบลดลงจำนวน 11 คน คิดเป็นร้อยละ 44.00

อภิปรายผลการวิจัย

ผลการวิจัยครั้งนี้พบว่า นักเรียนโดยส่วนใหญ่ที่เรียนด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิดมีความสามารถในการคิดเชิงระบบเพิ่มสูงขึ้นซึ่งเป็นไปตามสมมติฐาน สามารถอภิปรายได้ด้วยเหตุผลดังนี้

ประการแรก การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิดส่งเสริมให้การคิดเชิงระบบของนักเรียนสูงขึ้น เนื่องจากรูปแบบการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E เน้นให้นักเรียนมีโอกาสสร้างความรู้ด้วยตนเองผ่านกระบวนการสืบสอบหาความรู้ โดยครูมีบทบาทสำคัญในการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นการคิดของนักเรียนและส่งเสริมให้นักเรียนสร้างคำอธิบายมโนทัศน์ที่เกี่ยวข้องภายในระบบด้วยตนเอง รวมทั้งนำคำอธิบายหรือความรู้ที่ได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้เพื่ออธิบายสถานการณ์ปัญหาที่ครูกำหนด ทำให้นักเรียนได้ฝึกการเชื่อมโยงความรู้กับการแก้ปัญหา สอดคล้องกับงานวิจัยของ Assaraf & Orion (2005) ซึ่งได้พัฒนาทักษะการคิดเชิงระบบในนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น พบว่า การพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนขึ้นอยู่กับการประยุกต์ความรู้ของนักเรียนผ่านกิจกรรมขณะที่นักเรียนเรียนรู้แบบสืบสอบ

ประการที่สอง การใช้ผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด ได้แก่ ผังมโนทัศน์ ผังวงจรเชิงสาเหตุ และกราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงตามเวลา อย่างเป็นระบบตามลำดับของเนื้อหาที่ออกแบบในการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E โดยเริ่มต้นจากขั้นสำรวจและค้นหาที่ให้นักเรียนทำกิจกรรมที่ศึกษาเกี่ยวกับโครงสร้างหรืออวัยวะที่เป็นองค์ประกอบของระบบแล้วมอบหมายให้นักเรียนสร้างผังมโนทัศน์เพื่อทบทวนความรู้เกี่ยวกับอวัยวะและโครงสร้างที่เกี่ยวข้องในระบบ ทำให้นักเรียนสามารถระบุองค์ประกอบที่เกี่ยวข้องของระบบและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบได้ จากนั้นจึงให้สถานการณ์ที่กระตุ้นให้นักเรียนได้คิดเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงของระบบเพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงกระบวนการระหว่างมโนทัศน์ได้โดยใช้กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงตามเวลาและผังวงจรเชิงสาเหตุ ในขั้นขยายความรู้นักเรียนยังได้ประยุกต์ความรู้ไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับระบบร่างกายมนุษย์ทำให้นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาการคิดเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบภายในระบบได้ซับซ้อนมากยิ่งขึ้น เมื่อนักเรียนสามารถระบุมโนทัศน์และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์องค์ประกอบของระบบจะนำไปสู่

การจัดกรอบปฏิสัมพันธ์ โดยความซับซ้อนของรูปแบบในการจัดกรอบปฏิสัมพันธ์ของระบบขึ้นอยู่กับจำนวนมโนทัศน์และการระบุความสัมพันธ์เชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ที่นักเรียนระบุได้ เมื่อนักเรียนเข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างและกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในระบบนั้นจะนำไปสู่การเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างโครงสร้างภายในระบบและจัดกรอบปฏิสัมพันธ์แสดงความสัมพันธ์ที่มีความซับซ้อนได้ (Assaraf & Orion, 2005; Assaraf et al., 2013; Raved & Yarden, 2014)

จากเหตุผล 2 ประการข้างต้น ทำให้เมื่อศึกษาคะแนนพัฒนาการความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนที่เรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด พบว่านักเรียนโดยส่วนใหญ่มีพัฒนาการความสามารถในการคิดเชิงระบบเพิ่มสูงขึ้น

นอกจากนี้ พบข้อสังเกตจากการเก็บรวบรวมข้อมูลซึ่งมีการประเมินความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนหลังจากการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิดทุกแผนรวม 5 ครั้ง พบว่า ความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนไม่ได้มีแนวโน้มเพิ่มขึ้นอย่างชัดเจน แต่มีทั้งคะแนนที่สูงขึ้นและต่ำลงในบางหัวข้อ โดยในหัวข้อระบบประสาท นักเรียนส่วนมากมีความสามารถในการคิดเชิงระบบอยู่ในระดับต่ำ และเมื่อพิจารณาแยกตามองค์ประกอบ พบว่า คะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนมักมาจากการระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบ ดังนั้นในเนื้อหาสาระที่มีมโนทัศน์อยู่ในระดับเซลล์ เช่น ระบบประสาท ที่มีการกล่าวถึงเซลล์ประสาท จะส่งผลทำให้นักเรียนระบุมโนทัศน์องค์ประกอบของระบบได้น้อยและส่งผลต่อความสามารถการคิดเชิงระบบในภาพรวม สอดคล้องกับงานวิจัยของ Assaraf et al. (2013) ที่พบว่านักเรียนแสดงออกถึงความสามารถในการคิดเชิงระบบที่อยู่ในระดับของการระบุองค์ประกอบเป็นหลัก โดยเฉพาะอย่างยิ่งกับโครงสร้างที่ในระดับอวัยวะ

อย่างไรก็ตาม การวิจัยครั้งนี้ต่างจากงานวิจัยที่ผ่านมา เนื่องจากศึกษาความสามารถในการคิดเชิงระบบในเนื้อหาระบบร่างกายมนุษย์มากกว่า 1 ระบบ รวมถึงการประยุกต์รวมเนื้อหาของทุกระบบเพื่ออธิบายสถานการณ์ปัญหา จากการตรวจผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบของนักเรียนพบว่านักเรียนเน้นไปที่การระบุมโนทัศน์องค์ประกอบของระบบที่อธิบายกลไกภายในระบบเรียงตามลำดับเหตุการณ์มากกว่าการอธิบายสถานการณ์ปัญหาในภาพรวม ดังแสดงในตัวอย่างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบของนักเรียนโดยเฉพาะในเรื่อง ระบบหายใจ ที่นักเรียนระบุมโนทัศน์สิ่งเร้าคือ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ฝุ่นละอองและอวัยวะในระบบหายใจตามลำดับทางเดินหายใจแทนการระบุเฉพาะอวัยวะเป้าหมายที่เกี่ยวข้อง ได้แก่ ถุงลมซึ่งเป็นโครงสร้างที่เกิดการแลกเปลี่ยนแก๊ส เพื่ออธิบายสถานการณ์ปัญหาเพียงอย่างเดียว เมื่อพิจารณาคะแนนพัฒนาการความสามารถในการคิดเชิงระบบพบว่านักเรียนมีพัฒนาการการคิดเชิงระบบลดลง เนื่องมาจากข้อคำถามในหัวข้อการประยุกต์รวมระบบร่างกายมนุษย์ต้องอาศัยความรู้และความเข้าใจในระบบย่อย ๆ ได้แก่ ระบบหมุนเวียนเลือด ระบบหายใจ ระบบขับถ่าย และระบบประสาท เพื่อเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแต่ละองค์ประกอบแสดงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในร่างกาย โดยระบบหมุนเวียนเลือดมีหน้าที่ลำเลียงสารจึงเป็นส่วนที่เชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างแอลกอฮอล์กับมโนทัศน์ในระบบขับถ่ายและระบบประสาท ดังนั้นนักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบในเรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือดอยู่ในระดับต่ำจึงไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ในระบบได้ถูกต้องทำให้คะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบในหัวข้อการประยุกต์รวมระบบร่างกายมนุษย์มีคะแนนต่ำลงส่งผลให้คะแนนพัฒนาการการคิดเชิงระบบลดลง นอกจากนี้เนื้อหาเรื่อง ระบบขับถ่ายและระบบประสาทประกอบด้วยมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบในระดับเซลล์ เช่น หน่วยไต และเซลล์ประสาท ซึ่งยากต่อการทำความเข้าใจของนักเรียน นักเรียนจึงไม่สามารถระบุมโนทัศน์องค์ประกอบและเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์เพื่อแสดงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในระบบได้ ดังนั้นนักเรียนที่มีคะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือดสูงจึงมีโอกาสที่คะแนนความสามารถในการคิดเชิงระบบในหัวข้อการประยุกต์รวมต่ำ เนื่องจากไม่สามารถระบุและเชื่อมโยงมโนทัศน์ในระบบขับถ่ายและระบบประสาทได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

นอกจากนี้การวิจัยมีข้อจำกัด คือ คำถามสำคัญที่ใช้ในการสร้างผังมโนทัศน์ในแต่ละหัวข้อมีความยากแตกต่างกัน ข้อคำถามและผังมโนทัศน์ที่สร้างขึ้นในหัวข้อ เรื่อง ระบบขับถ่ายและระบบประสาท ประกอบด้วยการเชื่อมโยงความสัมพันธ์เชิงพลวัตเพียง 1 ประการ ส่งผลให้คะแนนของนักเรียนไม่ได้แสดงถึงระดับความสามารถของนักเรียนอย่างแท้จริง แต่บ่งบอกว่านักเรียนสามารถระบุความสัมพันธ์ดังกล่าวได้หรือไม่

ข้อเสนอแนะ

การจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับการใช้ผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิดเป็นสามารถนำไปพัฒนาความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนได้ โดยผู้วิจัยมีข้อเสนอแนะดังนี้

1. ข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้

1.1 การออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้และการเลือกใช้ผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด ครูผู้สอนควรเลือกใช้ผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิดตามความเหมาะสมของเนื้อหา

1.2 ครูควรเลือกใช้สถานการณ์ปัญหาที่กระตุ้นความสนใจของนักเรียนและควรเป็นเหตุการณ์ในชีวิตประจำวัน รวมทั้งครูควรสร้างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบตอบคำถามสำคัญก่อนการจัดการเรียนรู้เพื่อใช้เป็นกณฑ์ในการตรวจและให้คะแนนผังมโนทัศน์ของนักเรียน

1.3 ครูควรให้ผลป้อนกลับเกี่ยวกับการสะกดคำและการเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์องค์ประกอบภายในระบบกับนักเรียนหลังจากประเมินความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนในแต่ละหัวข้อทันทีเพื่อแก้ไขมโนทัศน์ที่ผิดพลาดของนักเรียนและเสนอแนะการสร้างผังมโนทัศน์ที่ถูกต้อง

1.4 ครูควรเลือกใช้สถานการณ์ปัญหาที่กระตุ้นความสนใจของนักเรียนและควรเป็นเหตุการณ์ในชีวิตประจำวันหรือพิจารณาตามความเหมาะสมของนักเรียน

1.5 ครูควรเลือกใช้คะแนนมาตรฐานในการสร้างเกณฑ์เปรียบเทียบความสามารถในการคิดเชิงระบบของนักเรียนเมื่อศึกษาในหลายหัวข้อ เนื่องจากเนื้อหาแต่ละหัวข้อมีความยากแตกต่างกัน

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

2.1 ผู้วิจัยเสนอแนะให้ศึกษาแนวทางการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยพัฒนาความสามารถในการระบุและเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ที่อยู่ต่างระดับตัวแทนความคิดหรือระดับชีวภาพตามการจัดระบบของสิ่งมีชีวิตทางชีววิทยา เพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจองค์ประกอบที่เป็นนามธรรมและระบบที่มีความซับซ้อนได้ เช่น การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เนื่องจากงานวิจัยพบว่านักเรียนที่มีความสามารถในการคิดเชิงระบบต่ำในหัวข้อระบบประสาท คิดเป็นร้อยละ 52.00 เมื่อพิจารณาตามองค์ประกอบพบว่านักเรียนทุกคนไม่สามารถระบุมโนทัศน์ที่เป็นองค์ประกอบของระบบในระดับเซลล์ ได้แก่ เซลล์ประสาท ส่งผลให้นักเรียนจึงไม่สามารถระบุความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ในระดับเซลล์ได้ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยให้นักเรียนเข้าใจและสามารถระบุองค์ประกอบที่เป็นนามธรรมผ่านทางสื่อที่ครูกำหนด นักเรียนสามารถพัฒนาแบบจำลอง

อย่างง่ายเพื่อนำไปใช้ในการอธิบายสถานการณ์ใหม่ ส่งเสริมการคิดเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์องค์ประกอบทั้งในระดับตัวชีวภาพเดียวกันและต่างระดับชีวภาพ (ชนาธิป โหตรภวานนท์ สุรีย์พร สว่างเมฆ และวันดี วัฒนชัยยิ่งเจริญ, 2562)

2.2 ผู้วิจัยเสนอแนะให้ใช้วิธีการคิดออกเสียงร่วมกับการตรวจผังมโนทัศน์เพื่อประเมินการคิดเชิงระบบของนักเรียน เนื่องจากขณะทำการวิจัยผู้วิจัยพบว่า การประเมินการคิดเชิงระบบโดยการตรวจผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบของนักเรียนยังมีข้อจำกัดในการประเมินและติดตามการคิดแบบองค์รวม (forest thinking) ของนักเรียนซึ่งเป็นองค์ประกอบสำคัญประการหนึ่งของการคิดเชิงระบบ นักเรียนสามารถสร้างผังมโนทัศน์ได้หลากหลายรูปแบบ การสร้างผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบโดยเน้นไปที่การระบุมโนทัศน์องค์ประกอบของระบบที่อธิบายกลไกภายในระบบเรียงตามลำดับเหตุการณ์มากกว่าการอธิบายสถานการณ์ปัญหาในภาพรวม แสดงให้เห็นว่านักเรียนอาจมีหรือไม่มีความสามารถในการคิดแบบองค์รวม ดังนั้นการคิดออกเสียงจะช่วยให้ครูเข้าใจกระบวนการคิดของนักเรียนชัดเจนยิ่งขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

บรรณานุกรม

Arnold, R. D., & Wade, J. P. (2015). A definition of systems thinking: A systems approach. *Procedia Computer Science,* 44, 669-678.

Assaraf, Dodick, J., & Tripto, J. (2013). High school students' understanding of the human body system. *Research in Science Education,* 43(1), 33-56.

Assaraf, & Orion, N. (2005). Development of system thinking skills in the context of earth system education. *Journal of Research in Science Teaching,* 42(5), 518-560. doi:10.1002/tea.20061

Beissner, K. L., Jonassen, D. H., & Grabowski, B. L. (1994). Using and selecting graphic techniques to acquire structural knowledge. *Performance Improvement Quarterly,* 7(4), 20-38.

Boersma, K., Waarlo, A. J., & Klaassen, K. (2011). The feasibility of systems thinking in biology education. *Journal of Biological Education,* 45(4), 190-197.

Brandstädter, K., Harms, U., & Grossschedl, J. (2012). Assessing system thinking through different concept-mapping practices. *International Journal of Science Education,* 34(14), 2147-2170.

Calancie, L., Anderson, S., Branscomb, J., Apostolico, A. A., & Lich, K. H. (2018). Peer Reviewed: Using Behavior Over Time Graphs to Spur Systems Thinking Among Public Health Practitioners. *Preventing chronic disease,* 15.

Cañas, A., Novak, J., Samawi, Z., & Xavier, S. (2007). The effect of concept mapping on critical thinking skills and dispositions of junior and senior baccalaureate nursing students.

Clarke, J. H. (1991). Using visual organizers to focus on thinking. *Journal of reading,* 34(7), 526-534.

Cronin, Dekhers, & Dunn. (1982). A procedure for using and evaluating concept maps. *Research in Science Education,* 12(1), 17-24.

Evagorou, M., Korfiatis, K., Nicolaou, C., & Constantinou, C. (2009). An investigation of the potential of interactive simulations for developing system thinking skills in elementary school: A case study with fifth-graders and sixth-graders.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

International Journal of Science Education, 31(5), 655-674.

Francisco, J. S., Nakhleh, M. B., Nurrenbern, S. C., & Miller, M. L. (2002). Assessing student understanding of general chemistry with concept mapping. *Journal of chemical education,* 79(2), 248.

Goel, A. K., Rugaber, S., & Vattam, S. (2009). Structure, behavior, and function of complex systems: The structure, behavior, and function modeling language. *Ai Edam,* 23(1), 23-35.

Gowin, D. B., & Novak, J. D. (1984). Learning how to learn. *USA: Cambridge University*.

Hmelo-Silver, C. E., Marathe, S., & Liu, L. (2007). Fish swim, rocks sit, and lungs breathe: Expert-novice understanding of complex systems. *The Journal of the Learning Sciences,* 16(3), 307-331.

Hogan, K. (2000). Assessing students' systems reasoning in ecology. *Journal of Biological Education,* 35(1), 22-28. doi:10.1080/00219266.2000.9655731

Howard, P., & Ellis, E. (2005). Summary of major graphic organizer research findings. *Graphic Organizers. com*.

Hung, W. (2008). Enhancing systems-thinking skills with modelling. *British Journal of Educational Technology,* 39(6), 1099-1120.

Lannon, C. (2012). Causal loop construction: The basics. *SYSTEMS THINKER,* 23(8).

Llewellyn, D. (2005). *Teaching high school science through inquiry: A case study approach*: Corwin Press.

McTighe, J., & Lyman Jr, F. T. (1988). Cueing thinking in the classroom: The promise of theory-embedded tools. *Educational Leadership,* 45(7), 18-24.

Novak, J. D. (2002). Meaningful learning: The essential factor for conceptual change in limited or inappropriate propositional hierarchies leading to empowerment of learners. *Science education,* 86(4), 548-571.

Plate, R., & Monroe, M. (2014). A structure for assessing systems thinking. *The* 2014 *Creative Learning Exchange,* 26, 1-12.

Raved, L., & Yarden, A. (2014). Developing seventh grade students' systems thinking skills in the context of the human circulatory system. *Frontiers in public health,* 2, 260.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

Richmond, B. (1997). The “thinking” in systems thinking: how can we make it easier to master. *The Systems Thinker,* 8(2), 1-5.

Senge, P. (1990). Peter Senge and the learning organization. *Rcuperado de*.

Verhoeff, R. P., Waarlo, A. J., & Boersma, K. T. (2008). Systems modelling and the development of coherent understanding of cell biology. *International Journal of Science Education,* 30(4), 543-568.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2553). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย จำกัด.

คำนึง เลื่อนแก้ว. (2556). ปัจจัยที่มีอิทธิพลต่อการคิดเชิงระบบของนักเรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐานในภาคตะวันออกเฉียงเหนือตอนบน. (วิทยานิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต). มหาวิทยาลัยรามคำแหง., กรุงเทพมหานคร.

ชนาธิป โหตรภวานนท์. (2559). การศึกษาการคิดอย่างเป็นระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์โดยใช้แผนผังความคิด เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต. นเรศวรวิจัย: วิจัยนวัตกรรม ขับเคลื่อนเศรษฐกิจและสังคม, 13, 976-984.

ชนาธิป โหตรภวานนท์ สุรีย์พร สว่างเมฆ และวันดี วัฒนชัยยิ่งเจริญ. (2562). การพัฒนาการคิดอย่างเป็นระบบสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึกโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบจำลองเป็นฐาน วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 21(2), 64-78.

ทิศนา แขมมณี. (2558). ศาสตร์การสอน. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

น้ำผึ้ง มีนิล. (2545). ผลของการใช้เทคนิคผังกราฟฟิกในการเรียนการสอนวิชาโครงงานวิทยาศาสตร์กับคุณภาพชีวิตที่มีต่อการใช้ระเบียบวิธีการทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการทำโครงงานวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น. (วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

ปารมี ศรีบุญทิพย์และคณะ. (2560). การวิเคราะห์องค์ประกอบเชิงยืนยันของการคิดเชิงระบบของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โรงเรียนสาธิตมหาวิทยาลัยของรัฐ สังกัดสำนักงานคณะกรรมการการอุดมศึกษา. *Veridian E-Journal, Silpakorn University (Humanities, Social Sciences and arts),* 10(3), 38-51.

พัชรวีร์ นามพิกุล และปัฐมาภรณ์ พิมพ์ทอง. (2012). การศึกษาแนวคิดและการคิดอย่างมีวิจารณญาณเรื่อง การรักษาดุลยภาพของสิ่งมีชีวิตของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดย ใช้วัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ (5E-Learning Cycle). *Journal of Education Khonkaen University (Graduate Studies Research),* 6(3), 83-90.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2544). การจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: แนวคิด วิธีและเทคนิคการสอน. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.

ราชบัณฑิตยสถาน. (2555). พจนานุกรม ฉบับราชบัณฑิตยสถาน พ.ศ. 2554. กรุงเทพฯ: บริษัท นานมีบุ๊คส์พับลิเคชั่นส์ จำกัด.

ฤทัยรัตน์ ชิดมงคล และสมยศ ชิดมงคล. (2560). การคิดเชิงระบบ: ประสบการณ์การสอนเพื่อพัฒนาการคิดเชิงระบบ. *Journal of Education Studies,* 45(2), 209-224.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ. (2561). สรุปผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (*O-NET)* ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ปีการศึกษา 2560. Retrieved from กรุงเทพฯ:

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2549). เอกสารประกอบการประชุมเชิงปฏิบัติการเผนแพร่ขยายผลและอบรมรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบสอบหาความรู้ 5 ขั้นตอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิดระดับสูง. กรุงเทพฯ.

สำนักงานทดสอบทางการศึกษา. (2555). คู่มือประเมินสมรรถนะสำคัญของผู้เรียนระดับการศึกษาขั้นพื้นฐาน ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์สำนักงานพระพุทธศาสนาแห่งชาติ.

อิทธิศักดิ์ ศิริจันทร์. (2559). ผลของการจัดการเรียนรู้ชีววิทยาด้วยรูปแบบผสานรวมที่มีต่อความสามารถในการคิดเชิงระบบและความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย. (วิทยานิพนธ์ครุศาสตร์มหาบัณฑิต). จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, กรุงเทพมหานคร.

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการภาคผนวก

ภาคผนวก ก รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

ภาคผนวก ข เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

ภาคผนวก ค คุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ภาคผนวก ก

รายนามผู้ทรงคุณวุฒิ

แบบประเมินความสามารถในการคิดเชิงระบบ

รองศาสตราจารย์ ดร.จันทร์เพ็ญ จันทร์เจ้า	อาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท เนืองเฉลิม	อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม
นางสาวจารุวรรณ ฤทธิเพชร	ครูวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนนทรีวิทยา

แผนการจัดการเรียนรู้

รองศาสตราจารย์ ดร.จันทร์เพ็ญ จันทร์เจ้า	อาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
รองศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน	อาจารย์ประจำภาควิชาหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
นางสาวจารุวรรณ ฤทธิเพชร	ครูวิทยาศาสตร์ โรงเรียนนนทรีวิทยา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาคผนวก ข

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย แบ่งเป็น 2 ส่วน ดังนี้

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

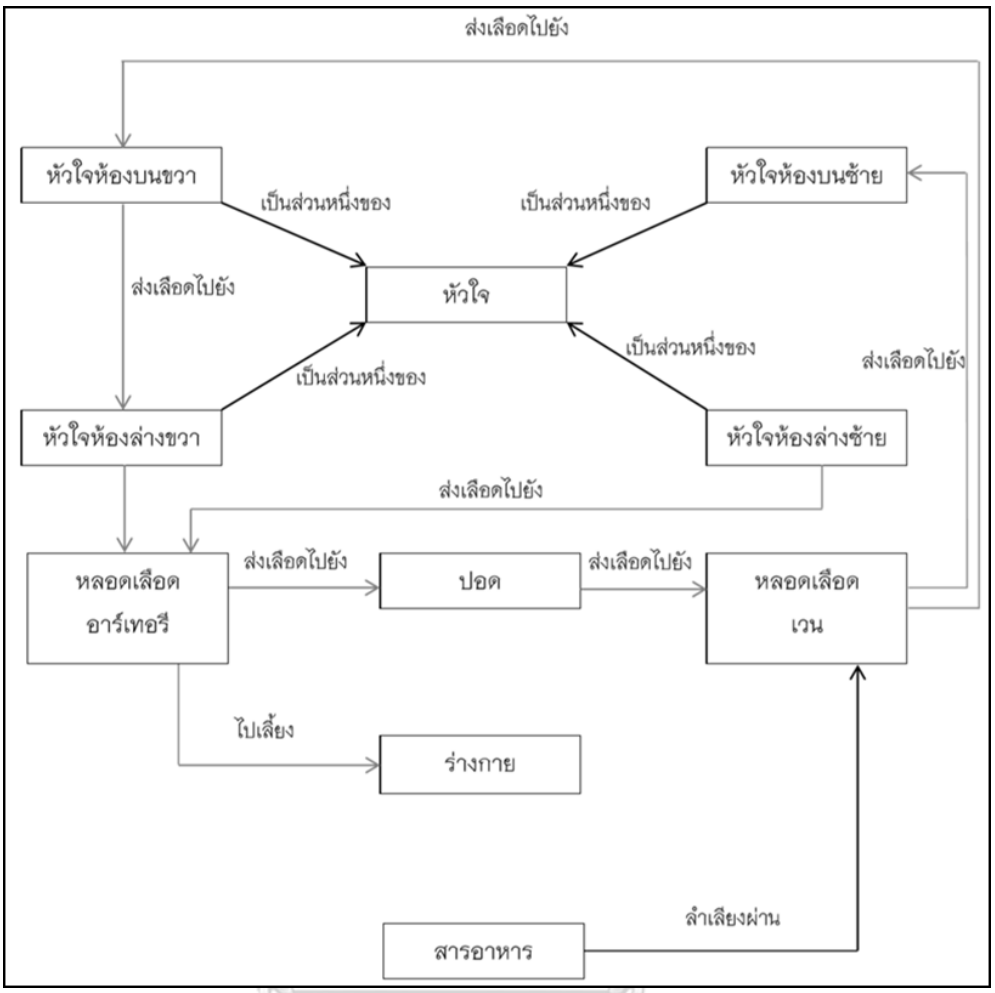
    1.1 ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นในแต่ละหัวข้อ จำนวน 5 แผนผัง

    1.2 ตัวอย่างแบบประเมินความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหายใจ

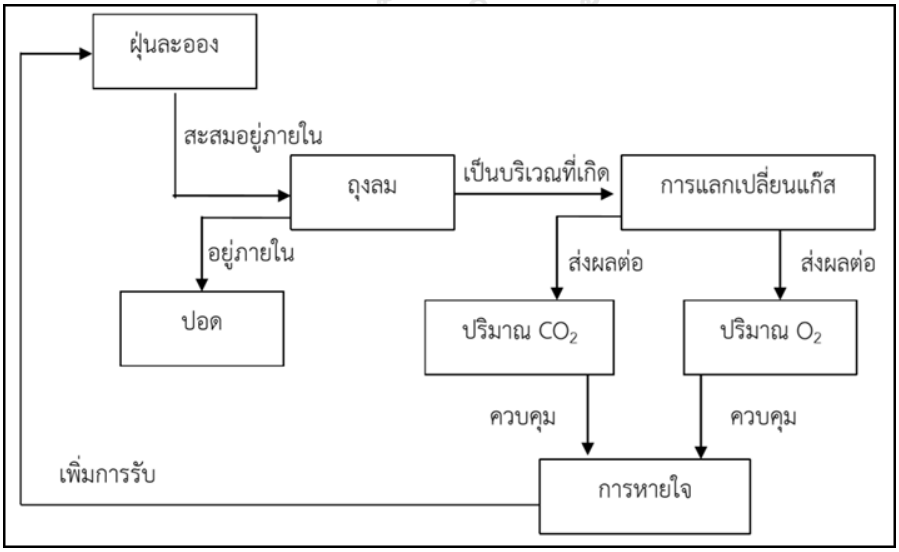
2. เครื่องมือที่ใช้ในการทดลอง

    ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด

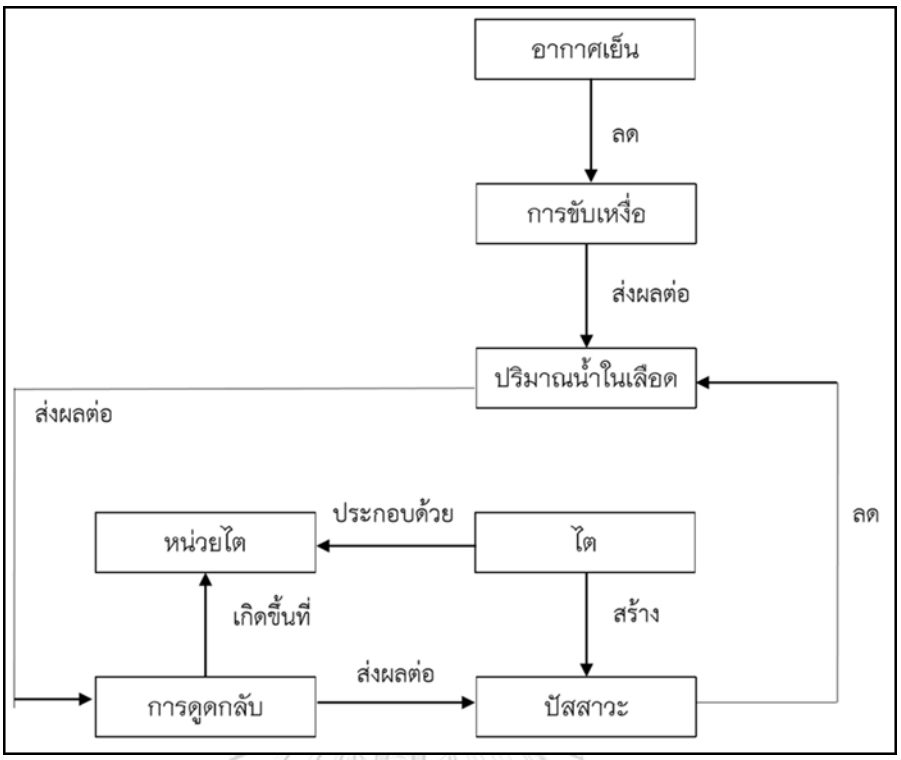
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University



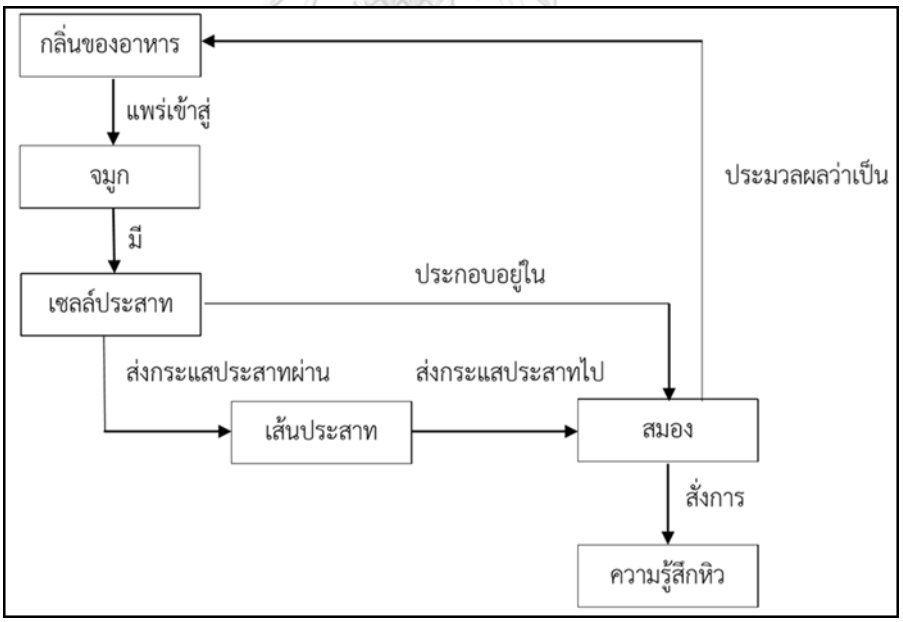
ภาพที่ 30 ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น



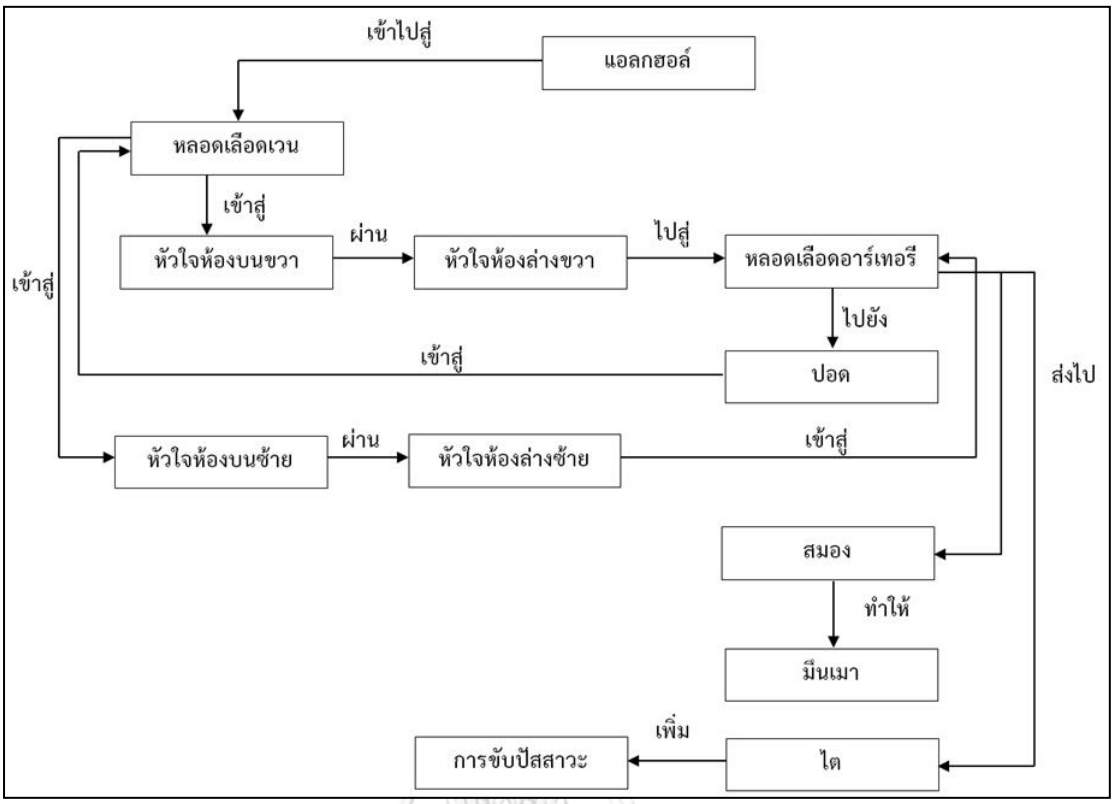
ภาพที่ 31 ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหายใจ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น



ภาพที่ 32 ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบขับถ่าย ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น



ภาพที่ 33 ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบประสาท ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น



ภาพที่ 34 ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง การประยุกต์รวมเนื้อหาของทุกระบบ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แบบประเมินการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหายใจ

แบบประเมินการคิดเชิงระบบฉบับนี้ใช้สำหรับการตรวจให้คะแนนผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบที่นักเรียนสร้างขึ้น โดยยึดองค์ประกอบที่ปรากฏในผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเป็นตัวกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน แบบประเมินการคิดเชิงระบบนี้ประกอบด้วย 2 ส่วน ได้แก่

ส่วนที่ 1 ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

ส่วนที่ 2 เกณฑ์การให้คะแนน

ส่วนที่ 1 ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหายใจ

ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นตอบคำถามสำคัญ เพื่อเป็นตัวกำหนดเกณฑ์การให้คะแนน โดยผังมโนทัศน์มีองค์ประกอบดังนี้

1. มโนทัศน์หรือองค์ประกอบของระบบ คือ คำที่ปรากฏในกรอบเส้นทึบ
2. เส้นเชื่อมโยงที่มีหัวลูกศรลากเชื่อมระหว่างมโนทัศน์ และคำหรือวลีแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์กำกับอยู่บนเส้น
3. การสร้างกรอบปฏิสัมพันธ์ คือ รูปแบบของการเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ทั้งหมดที่ปรากฏในผังมโนทัศน์ โดยสามารถจำแนกได้เป็น 4 รูปแบบ ได้แก่

(1) กรอบปฏิสัมพันธ์แบบเส้นตรงหรือแบบคู่

(2) กรอบปฏิสัมพันธ์แบบแตกกิ่ง

(3) กรอบปฏิสัมพันธ์แบบสายโซ่

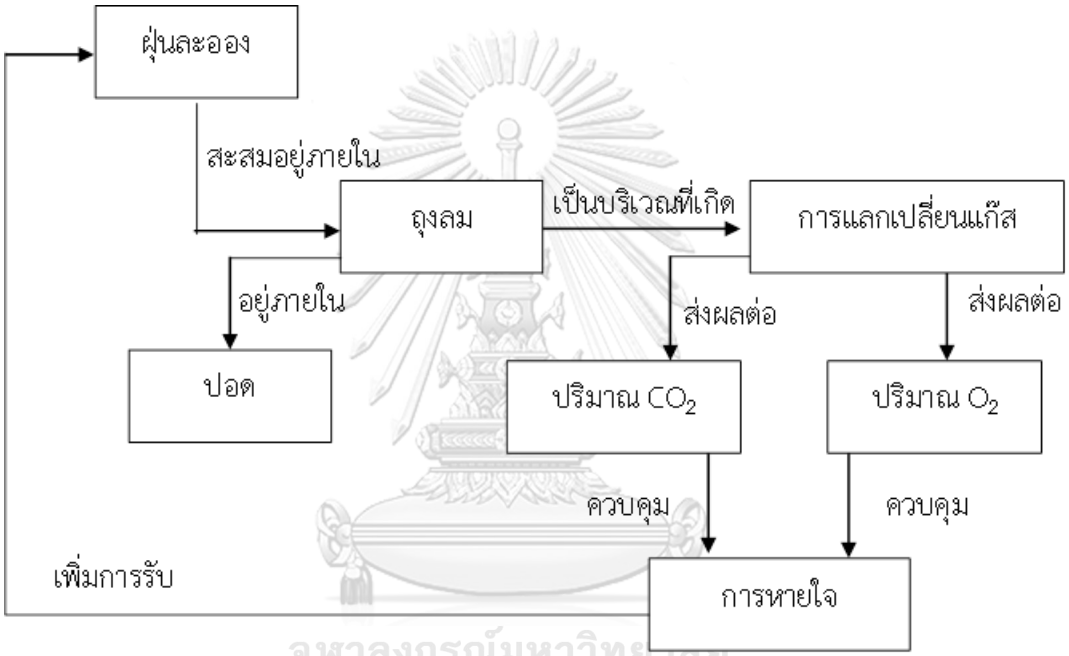
(4) กรอบปฏิสัมพันธ์แบบตาข่าย

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

คำถามสำคัญ จากสถานการณ์ฝุ่นควันในปัจจุบัน การหายใจนำฝุ่นละอองเข้าสู่ปอด ฝุ่นที่เข้าไปจับและเกิดการสะสมอยู่ภายในถุงลมปอดส่งผลต่อกระบวนการหายใจหรือไม่ อย่างไร

แนวคำตอบ ฝุ่นละอองจะผ่านทางเดินหายใจเข้าไปสะสมภายในถุงลมซึ่งอยู่ภายในปอด การสะสมของฝุ่นละอองทำให้พื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนแก๊สลดลง

ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหายใจ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น



จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ส่วนที่ 2 เกณฑ์การให้คะแนน

คำชี้แจง พิจารณาผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหายใจ ที่นักเรียนสร้างขึ้นตามแนวทางการประเมินโดยระบุคะแนนที่ได้ลงในช่องว่างแยกตามองค์ประกอบของการคิดเชิงระบบ

องค์ประกอบของการคิดเชิงระบบที่ประเมิน	**คะแนนเต็ม**	**คะแนนที่ได้**	**แนวทางการประเมิน**
1. การระบุมโนทัศน์องค์ประกอบภายในระบบ	7		พิจารณาจากมโนทัศน์หรือคำที่ปรากฏในกรอบเส้นทึบ หากปรากฏมโนทัศน์ที่สอดคล้อง ได้แก่ ได้แก่ ฝุ่นละออง ถุงลม ปอด การแลกเปลี่ยนแก๊ส การหายใจ ปริมาณ CO_2 และปริมาณ O_2 มโนทัศน์ละ 1 คะแนน
2. การระบุความสัมพันธ์พื้นฐานหรือความสัมพันธ์เชิงโครงสร้าง	2		ความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์เขียนแสดงด้วยเส้นลูกศรทึบเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์และมีคำหรือวลีที่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์โครงสร้างภายในระบบกำกับอยู่ เมื่อถอดความระหว่างมโนทัศน์แต่ละคู่ออกมาจะได้ประโยคที่มีใจความ ดังนี้ - ถุงลมอยู่ภายในปอด - ถุงลมเป็นบริเวณที่เกิดการแลกเปลี่ยนแก๊ส หากนักเรียนเขียนเชื่อมโยงแสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์แล้วสามารถถอดความได้ตามประโยคข้างต้น จะได้ประโยคละ 1 คะแนน
3. การระบุความสัมพันธ์	6		ความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์เขียน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

องค์ประกอบของการคิดเชิงระบบที่ประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	แนวทางการประเมิน
เชิงพลวัต			แสดงด้วยเส้นลูกศรทึบเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์และมีคำหรือวลีที่แสดงความสัมพันธ์ที่แสดงการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในระบบเมื่อถอดความออกมาจะได้ประโยคที่มีใจความดังนี้ - ฝุ่นละอองสะสมอยู่ภายในถุงลม - การแลกเปลี่ยนแก๊สส่งผลต่อปริมาณ CO_2 - การแลกปลี่ยนแก๊สส่งผลต่อปริมาณ O_2 - ปริมาณ CO_2 ควบคุมการหายใจ - ปริมาณ O_2 ควบคุมการหายใจ - การหายใจเข้าเพิ่มการรับฝุ่นละออง
4. การสร้างกรอบปฏิสัมพันธ์	4		กรอบปฏิสัมพันธ์แสดงรูปแบบการเชื่อมโยงระหว่างมโนทัศน์ มี 4 รูปแบบ ได้แก่ 1) กรอบปฏิสัมพันธ์แบบเส้นตรงหรือแบบคู่แสดงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์เป็นคู่ ให้ 1 คะแนน 2) กรอบปฏิสัมพันธ์แบบแตกกิ่งเป็นรูปแบบที่มีมโนทัศน์กึ่งกลางซึ่งเป็นจุดเชื่อมโยงต่อไปยังมโนทัศน์อื่น ๆ ให้ 2 คะแนน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

องค์ประกอบของการคิดเชิงระบบที่ประเมิน	คะแนนเต็ม	คะแนนที่ได้	แนวทางการประเมิน
			3) กรอบปฏิสัมพันธ์แบบสายโซ่ เป็นรูปแบบที่ประกอบไปด้วยมโนทัศน์เชื่อมต่อกันไปมโนทัศน์ต่อมโนทัศน์เป็นลำดับขั้นตอน ให้ 3 คะแนน 4) กรอบปฏิสัมพันธ์แบบตาข่ายเป็นรูปแบบที่เชื่อมโยงซับซ้อนที่สุดมีลักษณะคล้ายกับรูปแบบแตกกิ่งแต่มีมโนทัศน์ที่เป็นจุดศูนย์กลางมากกว่า 1 มโนทัศน์ ให้ 4 คะแนน โดยพิจารณาภาพรวมการเชื่อมโยงของผังมโนทัศน์ และนับเฉพาะการเชื่อมโยงมโนทัศน์ที่ถูกต้องเท่านั้น
รวม	19		

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

แผนการจัดการเรียนรู้

รหัสวิชา ว22111 วิทยาศาสตร์ 3 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2562

หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง ร่างกายมนุษย์

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง ระบบหายใจ เวลา 4 คาบเรียน

มาตรฐานการเรียนรู้ ว1.2 เข้าใจสมบัติของสิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต การลำเลียงสารเข้าและออกจากเซลล์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ที่ทำงานสัมพันธ์กัน ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของสัตว์และมนุษย์ ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของอวัยวะต่าง ๆ ของพืชที่ทำงานสัมพันธ์กัน รวมทั้งนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

ตัวชี้วัด

1. ระบุอวัยวะและบรรยายหน้าที่ของอวัยวะที่เกี่ยวข้องในระบบหายใจ
2. อธิบายกลไกการหายใจเข้าและออก โดยใช้แบบจำลอง รวมทั้งอธิบายกระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊ส
3. ตระหนักถึงความสำคัญของระบบหายใจโดยการบอกแนวทางในการดูแลรักษาอวัยวะในระบบหายใจให้ทำงานเป็นปกติ

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้

1. ระบุอวัยวะและบรรยายหน้าที่ของอวัยวะที่เกี่ยวข้องในระบบหายใจได้
2. อธิบายกลไกการหายใจเข้าและออกได้
3. อธิบายกลไกการแลกเปลี่ยนแก๊สได้

ด้านทักษะและกระบวนการ

1. เขียนผังมโนทัศน์แสดงอวัยวะที่เกี่ยวข้องในระบบหายใจได้
2. สร้างแบบจำลองกลไกการหายใจเข้าและออกได้
3. เขียนผังมโนทัศน์แสดงกลไกการหายใจเข้าและออกได้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

4. เขียนผังมโนทัศน์อธิบายการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นภายในระบบหายใจจากสถานการณ์ที่กำหนดได้

สาระการเรียนรู้

1. อวัยวะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในระบบหายใจ ได้แก่ จมูก ท่อลม ปอด กะบังลม และกระดูกซี่โครง

2. มนุษย์หายใจเข้า เพื่อนำแก๊สออกซิเจนเข้าสู่ร่างกายเพื่อนำไปใช้ในเซลล์ และหายใจออกเพื่อกำจัดแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ออกจากร่างกาย

3. อากาศเข้าและออกจากปอดได้ เนื่องจากการทำงานร่วมกันระหว่างกะบังลมและกระดูกซี่โครงซึ่งเกี่ยวข้องกับปริมาตรและความดันในช่องอก

4. การแลกเปลี่ยนแก๊สออกซิเจนกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในร่างกาย เกิดขึ้นบริเวณถุงลมในปอดกับหลอดเลือดฝอย และระหว่างหลอดเลือดฝอยกับเนื้อเยื่อ

5. ความจุอากาศของปอดมนุษย์ไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง เช่น เพศ วัย ขนาดของร่างกาย การสูบบุหรี่

6. การสูดอากาศที่มีสารปนเปื้อนและการเป็นโรคเกี่ยวกับระบบหายใจบางโรค อาจทำให้เกิดโรคถุงลมโป่งพอง มีผลให้พื้นที่ผิวในการแลกเปลี่ยนแก๊สลดลง ส่งผลให้ประสิทธิภาพในการแลกเปลี่ยนแก๊สลดลงด้วย ดังนั้นจึงควรดูแลรักษาระบบหายใจให้ทำหน้าที่ปกติ

กิจกรรมการเรียนรู้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ขั้นที่ 1 ตั้งคำถาม (5 นาที)

1. ครูใช้คำถามทบทวนความรู้เดิมและกระตุ้นความสนใจของนักเรียน ดังนี้

   1.1 อากาศประกอบด้วยแก๊สชนิดใดบ้าง

   1.2 แก๊สชนิดใดที่จำเป็นต่อกระบวนการดำรงชีวิตของมนุษย์

   1.3 แก๊สชนิดใดที่จำเป็นต้องกำจัดออกจากร่างกาย

   1.4 อากาศผ่านเข้าสู่ร่างกายทางใด

   1.5 นักเรียนทราบหรือไม่ว่าอากาศที่ผ่านเข้าสู่ร่างกายแล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

2. ครูกล่าวนำเข้าสู่บทเรียนว่า “ในบทเรียนนี้นักเรียนจะได้เรียนรู้เกี่ยวกับอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการหายใจ กลไกการหายใจเข้าและออก รวมทั้งการแลกเปลี่ยนแก๊ส”

ขั้นที่ 2 สำรวจและค้นหา (115 นาที)

กิจกรรมที่ 1 อวัยวะที่เกี่ยวข้องในระบบหายใจ

1. ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 3-4 คน โดยคละเพศและความสามารถ
2. ครูแจกใบงาน เรื่อง อวัยวะที่เกี่ยวข้องในระบบหายใจ
3. ครูแสดงวีดิทัศน์เกี่ยวกับอวัยวะและโครงสร้างที่เกี่ยวข้องในระบบหายใจ ให้นักเรียนระบุชื่ออวัยวะที่เกี่ยวข้องในระบบหายใจลงในใบงาน
4. ครูใช้คำถามว่า “อวัยวะใดบ้างที่เกี่ยวข้องในระบบหายใจ” และให้นักเรียนแต่ละกลุ่มเขียนผังมโนทัศน์แสดงอวัยวะที่เกี่ยวข้องในระบบหายใจลงในกระดาษฟลิบชาร์ทที่ครูแจกให้ (10 นาที)
5. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผังมโนทัศน์ เรื่อง อวัยวะที่เกี่ยวข้องในระบบหายใจ
6. ครูให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการเขียนผังมโนทัศน์ที่ถูกต้อง
7. ครูกล่าวว่า “อากาศไหลผ่านอวัยวะต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องในระบบหายใจผ่านการหายใจเข้าและออก แล้วการหายใจเข้าและออกเกิดขึ้นได้อย่างไร”

กิจกรรมที่ 2 กลไกการหายใจเข้าและออก

1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาแบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง การหายใจเข้าและออกเกิดขึ้นได้อย่างไร พร้อมทั้งทำกิจกรรม สังเกตการเปลี่ยนแปลงของลูกโป่งและบันทึกผลการสังเกต

ภาพที่ 1 แบบจำลองการหายใจเข้าและออก

2. ครูใช้คำถามนำอภิปราย ดังนี้

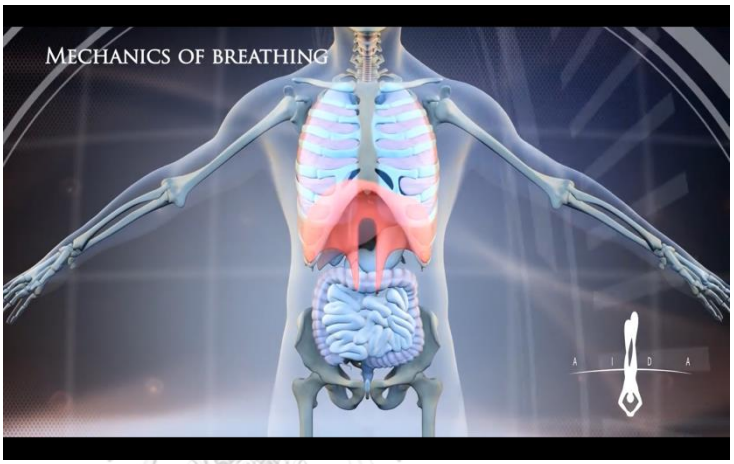
2.1 ขณะนักเรียนดึงแผ่นยางลง ปริมาตรภายในขวดเปลี่ยนแปลงอย่างไร (เพิ่มขึ้น)

2.2 เมื่อนักเรียนดึงแผ่นยางลง ลูกโป่งในขวดมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร (ขยายใหญ่ขึ้น)

2.3 ขณะนักเรียนดันแผ่นยางขึ้น ปริมาตรภายในขวดเปลี่ยนแปลงอย่างไร (ลดลง)

2.4 เมื่อนักเรียนดันแผ่นยางขึ้น ลูกโป่งในขวดมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร (หดเล็กลง)

3. ครูแสดงวีดิทัศน์แสดงกลไกการหายใจเข้าและออก ให้นักเรียนสังเกตการเปลี่ยนแปลงของกระดูกซี่โครงและกะบังลม



ภาพที่ 2 วีดิทัศน์แสดงกลไกการหายใจเข้าและออก

พร้อมทั้งใช้คำถามดังนี้

3.1 เมื่อหายใจเข้ากระดูกซี่โครงและกะบังลมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร (กระดูกซี่โครงยกสูงขึ้น ในขณะที่กะบังลมลดต่ำลง)

3.2 ปริมาตรภายในช่องอกขณะหายใจเข้าเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร (เพิ่มขึ้น)

3.3 เมื่อหายใจออกกระดูกซี่โครงและกะบังลมมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร (กระดูกซี่โครงลดต่ำลง ในขณะที่กะบังลมหดตัวสูงขึ้น)

3.4 ปริมาตรภายในช่องอกขณะหายใจออกเปลี่ยนแปลงไปอย่างไร (ลดลง)

3.5 กระดูกซี่โครงเทียบได้กับส่วนใดของแบบจำลอง (ขวดพลาสติก)

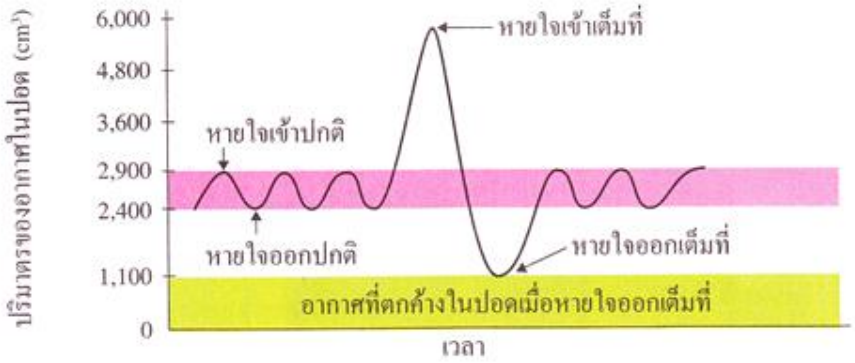
3.6 กะบังลมเทียบได้กับส่วนใดของแบบจำลอง (แผ่นยาง)

3.7 ลูกโป่งที่อยู่ภายในขวดเทียบได้กับอวัยวะใด (ปอด)

3.8 ช่องว่างภายในขวดพลาสติกเทียบได้กับส่วนใด (ช่องอก)

4. ครูแสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงปริมาตรอากาศภายในปอดขณะหายใจเข้าและออกปกติเปรียบเทียบกับเมื่อหายใจเข้าและออกเต็มที่

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY



ภาพที่ 3 กราฟแสดงการเปลี่ยนแปลงปริมาตรของอากาศภายในปอด

พร้อมทั้งใช้คำถามดังนี้

4.1 จากกราฟปริมาตรของอากาศในปอดมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไร

4.2 ปริมาตรอากาศภายในปอดขณะหายใจเข้าปกติเป็นเท่าใด

4.3 ปริมาตรอากาศภายในปอดขณะที่หายใจออกปกติเป็นเท่าใด

4.4 ปริมาตรอากาศภายในปอดขณะหายใจเข้าเต็มที่เป็นเท่าใด

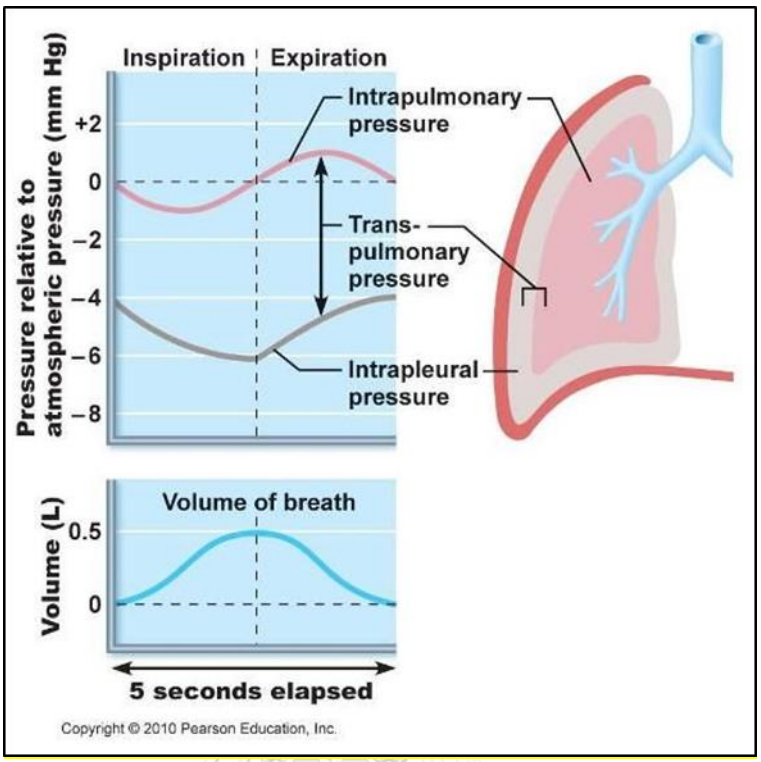
4.5 ปริมาตรของอากาศขณะหายใจออกเต็มที่เป็นเท่าใด

4.6 อากาศภายนอกจะไหลเข้าสู่ปอดขณะหายใจเข้าได้ แสดงว่าความดันของอากาศภายนอกจะต้องสัมพันธ์กับความดันภายในปอดอย่างไร (ความดันอากาศภายนอกสูงกว่าความดันภายในปอด อากาศจึงไหลเข้า)

4.7 อากาศภายในปอดไหลออกขณะหายใจออก แสดงว่าความดันของอากาศภายนอกจะต้องสัมพันธ์กับความดันภายในปอดอย่างไร (ความดันอากาศภายในปอดสูงกว่าความดันอากาศภายนอก อากาศจึงไหลออก)

4.8 ความดันและปริมาตรภายในปอดขณะหายใจเข้าและออกสัมพันธ์กันอย่างไร (ความดันแปรผกผันกับปริมาตร)

5. ครูแสดงกราฟการเปลี่ยนแปลงความดันและปริมาตรในช่องอกขณะที่หายใจเข้าและออก เพื่อนำอภิปรายเกี่ยวกับการเปลี่ยนแปลงความดันและปริมาตรในช่องอกขณะหายใจ



ภาพที่ 4 กราฟการเปลี่ยนแปลงความดันและปริมาตรในช่องอกขณะที่หายใจเข้าและออก

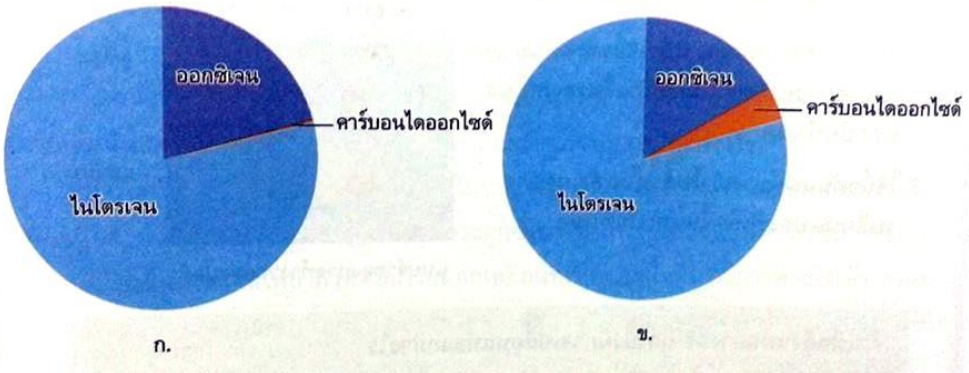
6. นักเรียนเขียนผังมโนทัศน์แสดงกลไกการหายใจ

7. นักเรียนนำเสนอผังมโนทัศน์กลไกการหายใจที่นักเรียนสร้างขึ้น และครูให้ข้อเสนอแนะเกี่ยวกับการเขียนผังมโนทัศน์ที่ถูกต้อง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

กิจกรรมที่ 3 การแลกเปลี่ยนแก๊ส

1. ครูแสดงแผนภาพเปรียบเทียบปริมาณแก๊สแต่ละชนิดที่พบในลมหายใจเข้าและออก



ภาพที่ 5 แผนภาพเปรียบเทียบปริมาณแก๊สแต่ละชนิดในลมหายใจเข้าและออก

พร้อมทั้งใช้คำถามดังนี้

1.1 นักเรียนคิดว่าแก๊สแต่ละชนิดในอากาศที่หายใจเข้าและออกมีปริมาณแก๊สแต่ละชนิดเท่ากันหรือไม่ (แก๊สแต่ละชนิดในอากาศที่หายใจเข้าและออกมีทั้งที่ปริมาณเท่ากันและแตกต่างกัน)

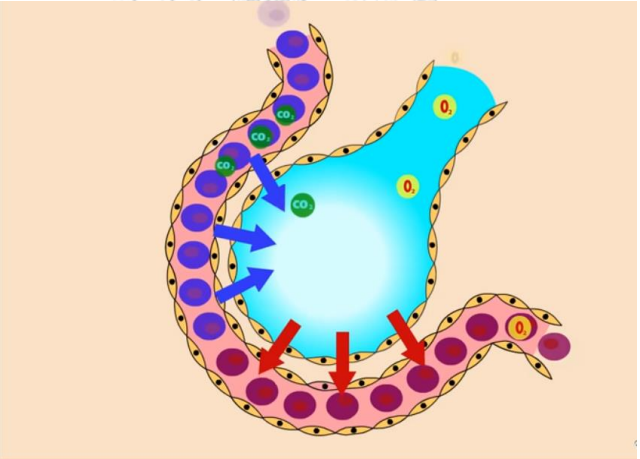
1.2 แก๊สชนิดใดที่มีปริมาณมากในลมหายใจเข้าและลดลงในลมหายใจออก (แก๊สออกซิเจน)

1.3 แก๊สชนิดใดที่มีปริมาณเพิ่มมากขึ้นในลมหายใจออก (แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์)

1.4 แก๊สชนิดใดที่ปริมาณไม่เปลี่ยนแปลงในลมหายใจเข้าและออก (แก๊สไนโตรเจน)

1.5 นักเรียนคิดว่าทำไมปริมาณแก๊สออกซิเจนในลมหายใจออกจึงลดลง ในขณะที่แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มมากขึ้นและแก๊สไนโตรเจนเปลี่ยนแปลง

2. ครูแสดงวีดิทัศน์แสดงกลไกการแลกเปลี่ยนแก๊สบริเวณถุงลมในปอดกับหลอดเลือดฝอยและบริเวณหลอดเลือดฝอยกับเซลล์



ภาพที่ 6 วีดิทัศน์แสดงกลไกการแลกเปลี่ยนแก๊สบริเวณถุงลมในปอดกับหลอดเลือดฝอยและบริเวณหลอดเลือดฝอยกับเซลล์

พร้อมทั้งใช้คำถามดังนี้

2.1 การแลกเปลี่ยนแก๊สเกิดขึ้นบริเวณใดบ้าง (ระหว่างถุงลมกับปอด และระหว่างหลอดเลือดฝอยกับปอด)

2.2 การแลกเปลี่ยนแก๊สเกี่ยวข้องกับกระบวนการใด (การแพร่)

2.3 การแลกเปลี่ยนแก๊สเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงของแก๊สชนิดใดบ้าง (แก๊สออกซิเจนและแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์)

2.4 การแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างถุงลมในปอดกับหลอดเลือดฝอยมีทิศทางการแพร่ของแก๊สแต่ละชนิดเป็นอย่างไร (แก๊สออกซิเจนที่มีปริมาณสูงในถุงลมปอดจะแพร่เข้าสู่เลือด ลำเลียงไปกับเซลล์เม็ดเลือดแดง ส่วนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดที่มีปริมาณสูงกว่าจะแพร่เข้าสู่ถุงลมปอด)

2.5 การแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างหลอดเลือดฝอยกับเซลล์มีทิศทางการแพร่ของแก๊สแต่ละชนิดเป็นอย่างไร (แก๊สออกซิเจนแพร่ผ่านผนังหลอดเลือดฝอยไปยังเซลล์ ส่วนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ที่มีปริมาณสูงจากเซลล์จะแพร่ไปยังหลอดเลือดฝอย)

3. ครูนำเสนอวิดีทัศน์แสดงปอดของคนที่สูบบุหรี่

ภาพที่ 7 วีดิทัศน์แสดงปอดของคนสูบบุหรี่

พร้อมทั้งใช้คำถามดังนี้

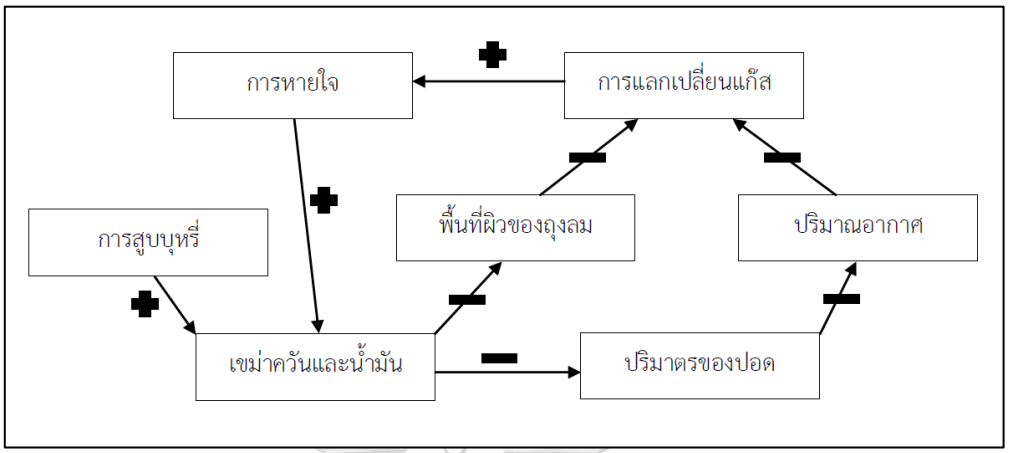
3.1 ปอดของคนสูบบุหรี่แตกต่างจากปอดของคนปกติเริ่มแรกอย่างไร

3.2 ภายในปอดของคนที่สูบบุหรี่มีลักษณะอย่างไร

3.3 การเปลี่ยนแปลงปริมาตรของปอดคนที่สูบบุหรี่กับคนปกติแตกต่างกันหรือไม่อย่างไร

3.4 นักเรียนคิดว่าเพราะเหตุใดปอดของคนที่สูบบุหรี่จึงมีการเปลี่ยนแปลงปริมาตรน้องกว่าปอดของคนปกติ

4. ครูนำอภิปรายและแสดงผังวงจรเชิงสาเหตุเกี่ยวกับผลของการสูบบุหรี่ที่มีต่อระบบหายใจ



ภาพที่ 8 ผังวงจรเชิงสาเหตุเกี่ยวกับผลของการสูบบุหรี่ต่อระบบหายใจ

ขั้นที่ 3 อธิบายและลงข้อสรุป (25 นาที)

1. ครูใช้คำถาม ดังนี้

1.1 ระบบหายใจประกอบด้วยโครงสร้างหรืออวัยวะใดบ้าง (จมูก ท่อลม หลอดลม หลอดลมฝอย ปอด ถุงลม)

1.2 กระบวนการที่เกิดขึ้นในระบบหายใจมีอะไรบ้าง (การหายใจและการแลกเปลี่ยนแก๊ส)

1.3 การหายใจเข้าและออกเกี่ยวข้องกับการเปลี่ยนแปลงปริมาตรในช่องอก ซึ่งอาศัยการทำงานร่วมกันของโครงสร้างใด (กะบังลมและกล้ามเนื้อยึดกระดูกซี่โครง)

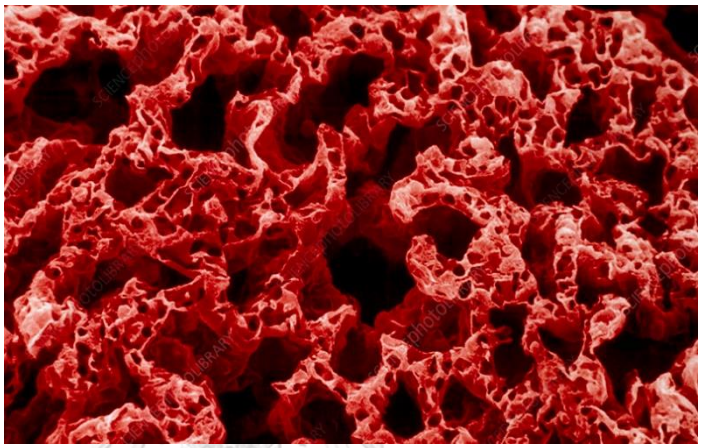
1.4 การหายใจเข้าปริมาตรภายในช่องอกแตกต่างจากการหายใจออกอย่างไร (การหายใจเข้าปริมาตรในช่องอกจะเพิ่มมากขึ้น ในขณะที่การหายใจออกปริมาตรในช่องออกจะลดลง)

1.5 กะบังลมและกระดูกซี่โครงมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรเมื่อมีการหายใจเข้า (กะบังลมลดต่ำลง กระดูกซี่โครงยกสูงขึ้น)

1.6 กะบังลมและกระดูกซี่โครงมีการเปลี่ยนแปลงอย่างไรเมื่อมีการหายใจออก (กะบังลมเลื่อนดันตัวสูงขึ้น กระดูกซี่โครงลดต่ำลง)

1.7 เมื่ออากาศไหลเข้าไปยังถุงลมปอดแล้วเกิดการเปลี่ยนแปลงอย่างไร (การแลกเปลี่ยนแก๊สโดยแก๊สออกซิเจนในถุงลมปอดแพร่เข้าสู่ร่างกาย ส่วนแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ในเลือดแพร่ออกสู่ถุงลมปอด)

1.8 จากภาพนักเรียนจะสังเกตเห็นว่าถุงลมมีขนาดเล็กจำนวนมากและมีหลอดเลือดฝอยมาหล่อเลี้ยง นักเรียนคิดว่าลักษณะดังกล่าวส่งผลดีต่อการแลกเปลี่ยนแก๊สหรือไม่ออย่างไร (พื้นที่ผิวสัมผัสมากช่วยให้เกิดการแลกเปลี่ยนแก๊สได้อย่างมีประสิทธิภาพ)



ภาพที่ 9 ถุงลมภายในปอดมนุษย์จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน

1.9 นอกจากที่ถุงลมในปอดแล้วมีการแลกเปลี่ยนแก๊สเกิดขึ้นที่ใดอีก (หลอดเลือดฝอยและเซลล์ในร่างกาย)

1.10 การแลกเปลี่ยนแก๊สระหว่างหลอดเลือดฝอยกับเซลล์ในร่างกายมีทิศทางการแพร่ของแก๊สเป็นอย่างไร (แก๊สออกซิเจนแพร่จากเลือดเข้าสู่เซลล์ ในขณะที่แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์แพร่จากเซลล์เข้าสู่เลือด)

1.11 นักเรียนจะมีวิธีการดูแลรักษาอวัยวะในระบบหายใจให้ทำงานอย่างปกติได้อย่างไรบ้าง

ขั้นที่ 4 ขยายความรู้ (50 นาที)

1. ครูแสดงสื่อต่อไปนี้ให้นักเรียนศึกษาสถานการณ์ปัญหาเกี่ยวกับฝุ่นควันในปัจจุบัน

1.1 ภาพแสดงฝุ่น PM 2.5 ปัญหามลพิษในกรุงเทพ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ภาพที่ 10 ฝุ่น PM 2.5 ปัญหามลพิษในกรุงเทพ

ที่มา https://hcm-jinjer.com/thai-media/tips/th-190118whatshoulddoforpm25/

1.2 วีดิทัศน์ข่าว เรื่อง ฝุ่นพิษปกคลุมท้องฟ้าในกรุงเทพ

ภาพที่ 11 วีดิทัศน์ข่าว เรื่อง ฝุ่นพิษปกคลุมท้องฟ้าในกรุงเทพ

ที่มา https://www.springnews.co.th/thailand/bangkok/421670

2. ครูใช้คำถามดังต่อไปนี้

2.1 จากข่าวดังกล่าว นักเรียนกำลังเผชิญกับปัญหาอะไร (ปัญหามลพิษทางอากาศ)

2.2 ฝุ่นพิษเหล่านี้ส่งผลต่อระบบหายใจของนักเรียนหรือไม่

2.3 หากนักเรียนสูดฝุ่นพิษเหล่านี้เข้าไปจะส่งผลกระทบต่อระบบหายใจอย่างไร

3. ครูมอบหมายให้นักเรียนสร้างแผนผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบแสดงผลกระทบต่อระบบหายใจเมื่อหายใจนำอากาศที่มีฝุ่นพิษเข้าไปสะสมภายในปอด (30 นาที)

ขั้นที่ 5 ประเมิน

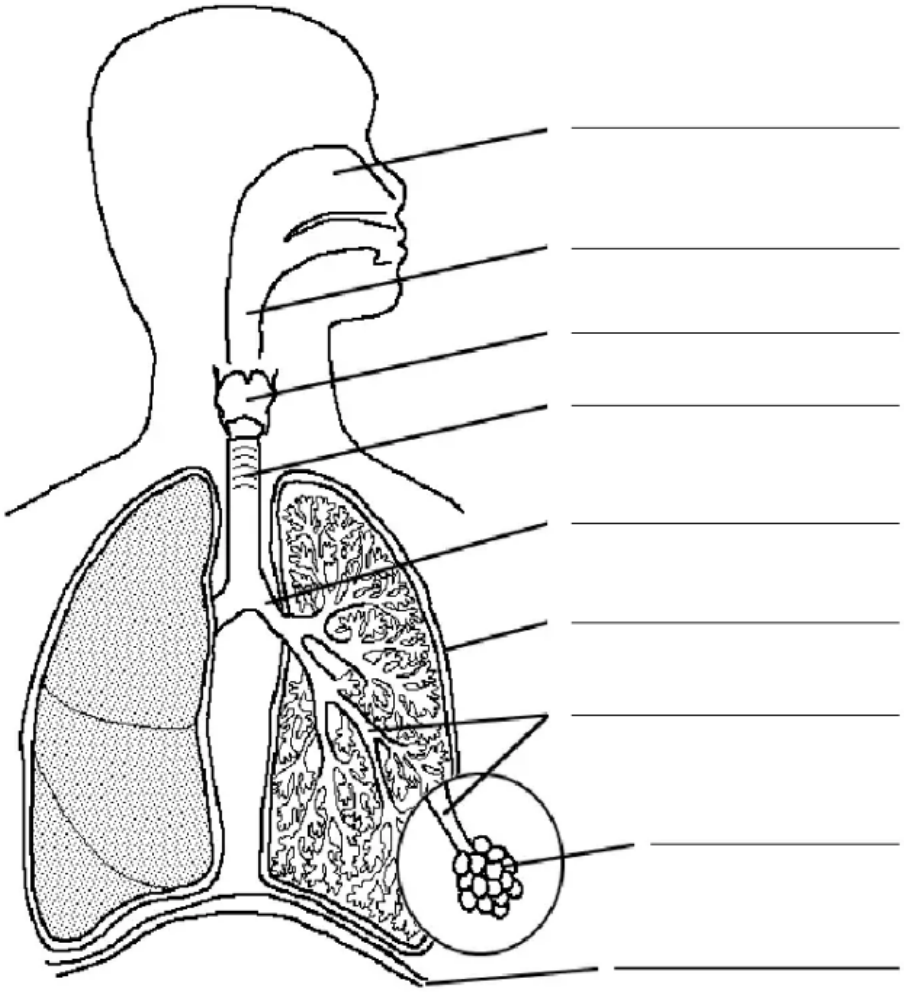
ครูประเมินการเรียนรู้ของนักเรียน ดังนี้ สังเกตพฤติกรรมของนักเรียนขณะทำงานร่วมกัน แบบทดสอบเรื่อง ระบบหายใจและประเมินผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหายใจ

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ใบงาน

เรื่อง ระบบหายใจ

คำชี้แจง ให้นักเรียนระบุชื่อโครงสร้างและอวัยวะที่เกี่ยวข้องในระบบหายใจลงในภาพให้ถูกต้อง



แบบบันทึกกิจกรรม

การหายใจเข้าและออกเกิดขึ้นได้อย่างไร

จุดประสงค์

สังเกตและอธิบายกลไกการหายใจเข้าและออกโดยใช้แบบจำลองการทำงานของปอด

เวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรม 25 นาที

วัสดุและอุปกรณ์

1. ขวดพลาสติก 1 ขวด
2. ลูกโป่ง 2 ใบ
3. กรรไกร 1 เล่ม

ขั้นตอนการทำกิจกรรม

1. นำขวดนำพลาสติกใสมาตัดก้นขวดออก

2. จากนั้นำลูกโป่งที่ยังไม่ได้เป่าลมใส่เข้าไปทางปากขวด ส่วนปลายของลูกโป่งที่ปากขวดให้พับออกมาด้านนอก

3. นำลูกโป่งอีก 1 ใบ ตัดปากลูกโป่งออก แล้วนำไปสวมไว้ที่ก้นขวดใบเดิม

4. สังเกตการเปลี่ยนแปลงเมื่อดึงแผ่นยางลงและดันแผ่นยางขึ้น พร้อมทั้งบันทึกผลลงในตาราง

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

บันทึกผลการทำกิจกรรม

การทดลอง	ผลการสังเกต
ดันแผ่นยางขึ้น	
ดึงแผ่นยางลง	

สรุปผลการทำกิจกรรม

.....

.....

ภาคผนวก ค

คุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

การตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย นำเสนอคุณภาพของเครื่องมือดังนี้

1. แบบประเมินการคิดเชิงระบบ

1.1 สรุปผลประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจเกณฑ์การประเมินความสามารถในการคิดเชิงระบบ

1.2 สรุปค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (RAI)

2. แผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด

สรุปผลประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

สรุปผลประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิ
ในการตรวจเกณฑ์การประเมินความสามารถในการคิดเชิงระบบ

ค่าดัชนีความสอดคล้องของผู้ทรงคุณวุฒิ (Index of item-objective congruency: IOC)

การตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ความถูกต้องของคำถามสำคัญ แนวคำตอบ การเชื่อมโยงระหว่างองค์ประกอบภายในผังมโนทัศน์ รวมทั้งความสอดคล้องของเกณฑ์การประเมินและนิยามของการคิดเชิงระบบ โดยนำแบบประเมินความสามารถในการคิดเชิงระบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นไปตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหาจากผู้ทรงคุณวุฒิ จำนวน 3 ท่าน หลังจากนั้นนำมาหาค่าดัชนีความสอดคล้อง ดังนี้

$$IOC = \frac{\sum R}{N}$$

โดยที่

$\sum R$ หมายถึง ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้ทรงคุณวุฒิ

N หมายถึง จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

ประเด็นการพิจารณาที่มีค่า IOC 0.67 ถึง 1.00 มีค่าความตรงสามารถนำไปใช้ได้ ในขณะที่ประเด็นการพิจารณาที่มีค่า IOC 0.33 ถึง 0.66 ต้องดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้ทรงคุณวุฒิก่อนนำไปใช้

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง สรุปผลประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจเกณฑ์การประเมินความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด

รายการประเมิน	IOC	ความหมาย	ข้อเสนอแนะ
1. ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ			
1.1 คำถามสำคัญและแนวคำตอบถูกต้อง	0.33	ปรับปรุง	
1.2 ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสอดคล้องกับแนวคำตอบของคำถามสำคัญ	0.33	ปรับปรุง	
1.3 ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นระบุมโนทัศน์และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ได้ถูกต้อง	0.33	ปรับปรุง	ตรวจสอบทิศทางลูกศรเข้าสู่หัวใจครบทั้ง 4 ห้องหรือไม่
2. เกณฑ์การประเมิน			
2.1 สอดคล้องกับนิยามของการคิดเชิงระบบ	1	วัดได้สอดคล้อง	
2.2 องค์ประกอบของการคิดเชิงระบบและแนวทางการประเมินมีความสอดคล้องกัน	1	วัดได้สอดคล้อง	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง สรุปผลประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจเกณฑ์การประเมินความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบหายใจ

รายการประเมิน	**IOC**	**ความหมาย**	**ข้อเสนอแนะ**
1. ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ			
1.1 คำถามสำคัญและแนวคำตอบถูกต้อง	1	วัดได้สอดคล้อง	
1.2 ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสอดคล้องกับแนวคำตอบของคำถามสำคัญ	1	วัดได้สอดคล้อง	
1.3 ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นระบุมโนทัศน์และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ได้ถูกต้อง	1	วัดได้สอดคล้อง	
2. เกณฑ์การประเมิน			
2.1 สอดคล้องกับนิยามของการคิดเชิงระบบ	1	วัดได้สอดคล้อง	
2.2 องค์ประกอบของการคิดเชิงระบบและแนวทางการประเมินมีความสอดคล้องกัน	1	วัดได้สอดคล้อง	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง สรุปผลประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจเกณฑ์การประเมินความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบขับถ่าย

รายการประเมิน	IOC	ความหมาย	ข้อเสนอแนะ
1. ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ			
1.1 คำถามสำคัญและแนวคำตอบถูกต้อง	1	วัดได้สอดคล้อง	
1.2 ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสอดคล้องกับแนวคำตอบของคำถามสำคัญ	1	วัดได้สอดคล้อง	ควรเลี่ยงการใช้คำว่า “ของเสีย” ปรับเป็นคำว่า “ของเสียจากเมแทบอลิซึม”
1.3 ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นระบุมโนทัศน์และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ได้ถูกต้อง	1	วัดได้สอดคล้อง	
2. เกณฑ์การประเมิน			
2.1 สอดคล้องกับนิยามของการคิดเชิงระบบ	1	วัดได้สอดคล้อง	
2.2 องค์ประกอบของการคิดเชิงระบบและแนวทางการประเมินมีความสอดคล้องกัน	1	วัดได้สอดคล้อง	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง สรุปผลประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจเกณฑ์การประเมินความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ระบบประสาท

รายการประเมิน	**IOC**	**ความหมาย**	**ข้อเสนอแนะ**
1. ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ			
1.1 คำถามสำคัญและแนวคำตอบถูกต้อง	1	วัดได้สอดคล้อง	
1.2 ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสอดคล้องกับแนวคำตอบของคำถามสำคัญ	1	วัดได้สอดคล้อง	
1.3 ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นระบุมโนทัศน์และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ได้ถูกต้อง	1	วัดได้สอดคล้อง	
2. เกณฑ์การประเมิน			
2.1 สอดคล้องกับนิยามของการคิดเชิงระบบ	1	วัดได้สอดคล้อง	
2.2 องค์ประกอบของการคิดเชิงระบบและแนวทางการประเมินมีความสอดคล้องกัน	1	วัดได้สอดคล้อง	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง สรุปผลประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจเกณฑ์การประเมินความสามารถในการคิดเชิงระบบ เรื่อง ประยุกต์รวมระบบร่างกาย

รายการประเมิน	IOC	ความหมาย	ข้อเสนอแนะ
1. ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบ			
1.1 คำถามสำคัญและแนวคำตอบถูกต้อง	1	วัดได้สอดคล้อง	
1.2 ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสอดคล้องกับแนวคำตอบของคำถามสำคัญ	1	วัดได้สอดคล้อง	
1.3 ผังมโนทัศน์การคิดเชิงระบบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นระบุมโนทัศน์และเชื่อมโยงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ได้ถูกต้อง	1	วัดได้สอดคล้อง	
2. เกณฑ์การประเมิน			
2.1 สอดคล้องกับนิยามของการคิดเชิงระบบ	1	วัดได้สอดคล้อง	
2.2 องค์ประกอบของการคิดเชิงระบบและแนวทางการประเมินมีความสอดคล้องกัน	1	วัดได้สอดคล้อง	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (Rater agreement index: RAI)

ดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน เป็นค่าที่บ่งชี้ถึงระดับความสอดคล้องกันของคะแนนที่ได้จากผู้ประเมินตั้งแต่ 2 คนขึ้นไป โดยค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมินจะมีค่าตั้งแต่ 0 ถึง 1 โดยในกรณีที่ตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือวัดที่มีพฤติกรรมบ่งชี้หลายประการโดยการนำไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มหนึ่งและกำหนดให้มีผู้ประเมินหลายคน สามารถคำนวณได้จากสูตรดังนี้

$$RAI = 1 - \frac{\sum_{K=1}^{K}\sum_{N=1}^{N}\sum_{M=1}^{M}|Rmnk - Rnk|}{KN(M-1)(\mathrm{I}-1)}$$

โดยที่

RAI แทน ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน

R_{mnk} แทน คะแนนที่ได้จากผู้ประเมินคนที่ m ของนักเรียนคนที่ n ในพฤติกรรมบ่งชี้ที่ k

R_{nk} แทน คะแนนเฉลี่ยของนักเรียนคนที่ n ในพฤติกรรมที่ k

ซึ่งคำนวณได้จากสูตร

$$Rnk = \frac{\sum_{M=1}^{M} Rnk}{M}$$

K แทน จำนวนของพฤติกรรมบ่งชี้ทั้งหมด

N แทน จำนวนของนักเรียนทั้งหมด

M แทน จำนวนของผู้ประเมินทั้งหมด

I แทน จำนวนของคะแนนทั้งหมดที่เป็นไปได้ (ตามเกณฑ์การให้คะแนน)

$$RAI = 1 - \frac{15.87}{(4)(3)(3-1)(23-1)}$$

$$RAI = 0.97$$

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง สรุปผลประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด เรื่อง ระบบหมุนเวียนเลือด

รายการประเมิน	IOC	ความหมาย	ข้อเสนอแนะ
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้			
1.1 การกำหนดองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ครบตามรูปแบบแผนการจัดการเรียนรู้ (ประกอบด้วยมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และการประเมินการเรียนรู้)	0.67	วัดได้สอดคล้อง	
1.2 แผนการจัดการเรียนรู้มีลำดับขั้นตอนสอดคล้องตามการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับการใช้ผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด	1	วัดได้สอดคล้อง	
2. จุดประสงค์การเรียนรู้			
2.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	1	วัดได้สอดคล้อง	
2.2 สนับสนุนให้เกิดการคิดเชิงระบบ	1	วัดได้สอดคล้อง	
3. เนื้อหาสาระ			
3.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและจุดประสงค์การเรียนรู้	1	วัดได้สอดคล้อง	
3.2 สาระการเรียนรู้ครบถ้วนและถูกต้อง	1	วัดได้สอดคล้อง	
4. กิจกรรมการเรียนรู้			
4.1 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์	1	วัดได้สอดคล้อง	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการประเมิน	IOC	ความหมาย	ข้อเสนอแนะ
การเรียนรู้			
4.2 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมและการใช้ผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิดส่งเสริมการคิดเชิงระบบของนักเรียน	0.67	วัดได้สอดคล้อง	สำหรับกิจกรรมที่ 1 องค์ประกอบของเลือด แต่แบบบันทึกกิจกรรม เรื่อง เซลล์เม็ดเลือดมีลักษณะอย่างไร ไม่ใช้ข้อความที่สอดคล้องกัน เพราะองค์ประกอบของเลือดควรหมายถึงประกอบไปด้วยน้ำเลือด เม็ดเลือด เกล็ดเลือด เป็นต้น เสนอให้ปรับการใช้คำ
5. การประเมินการเรียนรู้			
สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	0.33	วัดได้สอดคล้อง	ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง สรุปผลประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด เรื่อง ระบบหายใจ

รายการประเมิน	IOC	ความหมาย	ข้อเสนอแนะ
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้			
1.1 การกำหนดองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ครบตามรูปแบบแผนการจัดการเรียนรู้ (ประกอบด้วยมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และการประเมินการเรียนรู้)	0.67	วัดได้สอดคล้อง	
1.2 แผนการจัดการเรียนรู้มีลำดับขั้นตอนสอดคล้องตามการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับการใช้ผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด	1	วัดได้สอดคล้อง	
2. จุดประสงค์การเรียนรู้			
2.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	1	วัดได้สอดคล้อง	
2.2 สนับสนุนให้เกิดการคิดเชิงระบบ	1	วัดได้สอดคล้อง	
3. เนื้อหาสาระ			
3.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและจุดประสงค์การเรียนรู้	1	วัดได้สอดคล้อง	
3.2 สาระการเรียนรู้ครบถ้วนและถูกต้อง	1	วัดได้สอดคล้อง	
4. กิจกรรมการเรียนรู้			
4.1 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	1	วัดได้สอดคล้อง	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการประเมิน	IOC	ความหมาย	ข้อเสนอแนะ
4.2 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมและการใช้ผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิดส่งเสริมการคิดเชิงระบบของนักเรียน	0.67	วัดได้สอดคล้อง	- เพิ่มเติมรายละเอียดเกี่ยวกับขั้นตอนการทำกิจกรรมระบุแหล่งที่มาของภาพทุกภาพ - ควรชี้ให้เห็นโทษของควันบุหรี่ที่มีต่อคนได้รับควันบุหรี่ แต่ไม่ได้สูบบุหรี่ด้วย
5. การประเมินการเรียนรู้			
สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	0.33	ปรับปรุง	ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
CHULALONGKORN UNIVERSITY

ตาราง สรุปผลประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด เรื่อง ระบบขับถ่าย

รายการประเมิน	IOC	ความหมาย	ข้อเสนอแนะ
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้			
1.1 การกำหนดองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ครบตามรูปแบบแผนการจัดการเรียนรู้ (ประกอบด้วยมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และการประเมินการเรียนรู้)	0.67	วัดได้สอดคล้อง	
1.2 แผนการจัดการเรียนรู้มีลำดับขั้นตอนสอดคล้องตามการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับการใช้ผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด	1	วัดได้สอดคล้อง	
2. จุดประสงค์การเรียนรู้			
2.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	1	วัดได้สอดคล้อง	
2.2 สนับสนุนให้เกิดการคิดเชิงระบบ	1	วัดได้สอดคล้อง	
3. เนื้อหาสาระ			
3.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและจุดประสงค์การเรียนรู้	1	วัดได้สอดคล้อง	
3.2 สาระการเรียนรู้ครบถ้วนและถูกต้อง	1	วัดได้สอดคล้อง	
4. กิจกรรมการเรียนรู้			
4.1 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	1	วัดได้สอดคล้อง	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการประเมิน	IOC	ความหมาย	ข้อเสนอแนะ
4.2 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมและการใช้ผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิดส่งเสริมการคิดเชิงระบบของนักเรียน	0.67	วัดได้สอดคล้อง	ในระบบขับถ่ายควรเลี่ยงการใช้คำว่าของเสีย เป็นของเสียจากเมแทบอลิซึม เน้นกับนักเรียนว่าแตกต่างจากกากอาหารในระบบย่อยอาหารอย่างไร
5. การประเมินการเรียนรู้			
สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	0.33	ปรับปรุง	ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ตาราง สรุปผลประเมินความสอดคล้อง (IOC) โดยผู้ทรงคุณวุฒิในการตรวจแผนการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด เรื่อง ระบบประสาท

รายการประเมิน	IOC	ความหมาย	ข้อเสนอแนะ
1. องค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้			
1.1 การกำหนดองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ครบตามรูปแบบแผนการจัดการเรียนรู้ (ประกอบด้วยมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัด จุดประสงค์การเรียนรู้ สาระการเรียนรู้ กิจกรรมการเรียนรู้ และการประเมินการเรียนรู้)	0.67	วัดได้สอดคล้อง	
1.2 แผนการจัดการเรียนรู้มีลำดับขั้นตอนสอดคล้องตามการจัดการเรียนรู้ด้วยวัฏจักรการเรียนรู้ 5E ร่วมกับการใช้ผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิด	1	วัดได้สอดคล้อง	
2. จุดประสงค์การเรียนรู้			
2.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้และตัวชี้วัด	1	วัดได้สอดคล้อง	
2.2 สนับสนุนให้เกิดการคิดเชิงระบบ	1	วัดได้สอดคล้อง	
3. เนื้อหาสาระ			
3.1 สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและจุดประสงค์การเรียนรู้	1	วัดได้สอดคล้อง	
3.2 สาระการเรียนรู้ครบถ้วนและถูกต้อง	1	วัดได้สอดคล้อง	
4. กิจกรรมการเรียนรู้			
4.1 สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	1	วัดได้สอดคล้อง	

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

รายการประเมิน	IOC	ความหมาย	ข้อเสนอแนะ
4.2 ขั้นตอนการจัดกิจกรรมและการใช้ผังกราฟิกเชื่อมโยงความคิดส่งเสริมการคิดเชิงระบบของนักเรียน	0.67	วัดได้สอดคล้อง	
5. การประเมินการเรียนรู้			
สอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้	0.33	ปรับปรุง	ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมิน

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University

ประวัติผู้เขียน

ชื่อ-สกุล	พิณภัทรา เวทย์วิทยานุวัฒน์
วัน เดือน ปี เกิด	16 พฤศจิกายน 2537
สถานที่เกิด	อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี
วุฒิการศึกษา	ครุศาสตรบัณฑิต สาขาวิชา มัธยมศึกษา(วิทยาศาสตร์) วิชาเอก ชีววิทยา คณะครุศาสตร์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ในปีการศึกษา 2559
ที่อยู่ปัจจุบัน	288 ถนนนามอญ ตำบลหนองโสน อำเภอเมือง จังหวัดเพชรบุรี 76000

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
Chulalongkorn University