

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีผลต่อแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในรายวิชาชีววิทยา



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา
กรกฎาคม 2559

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีผลต่อแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในรายวิชาชีววิทยา



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา

กรกฎาคม 2559

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีผลต่อแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในรายวิชาชีววิทยา



เสนอต่อบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา
กรกฎาคม 2559

พิมพ์ภัทร แก้วดี. (2559). การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีผลต่อแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในรายวิชาชีววิทยา. ปรินญา นิพนธ์ กศ.ม. (ชีววิทยา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. อาจารย์ที่ปรึกษาปรินญานิพนธ์: ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ.

งานวิจัยนี้มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (model-based learning) ในรายวิชาชีววิทยาในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย รวมถึงศึกษาแนวคิดวิทยาศาสตร์และความคงทนของความรู้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว โดยกลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 43 คน ของโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร ซึ่งได้จากการเลือกแบบเจาะจง เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน 2) แบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ และ 3) แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผลการศึกษาพบว่า 1) กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเหมาะสมแก่การนำไปใช้ 2) นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้องมากขึ้น และ 3) นักเรียนมีความคงทนของความรู้หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านไปแล้ว 4 สัปดาห์ แสดงให้เห็นว่า การพัฒนากิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในรายวิชาชีววิทยาทำให้นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น และมีความคงทนของความรู้

คำสำคัญ : การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน แนวคิดวิทยาศาสตร์ รายวิชาชีววิทยา นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ความคงทนของความรู้

DEVELOPMENT OF MODEL-BASED LEARNING ACTIVITIES THAT EFFECTS TO
SCIENTIFIC CONCEPTION OF UPPER SECONDARY STUDENTS IN BIOLOGY



Presented in Partial Fulfillment of the Requirements for the
Master of Education Degree in Biology
at Srinakharinwirot University
July 2016

Phimpaphat Kaewdee. (2016). *Development of Model-based Learning Activities that Effects to Scientific Conception of Upper Secondary Students in Biology*. Master thesis, M.Ed (Biology). Bangkok: Graduate School, Srinakharinwirot University. Thesis Advisor: Asst. Prof. Dr. Somkiat Phornphisutthimas.

This research aimed to develop a model-based learning (MBL) activities in Biology for upper secondary school students and investigated the scientific conceptions of the students and their retention after learning using MBL activities. The participants consisted of forty-three grade-eleven students, who were selected by purposive sampling from a large secondary school in Bangkok. The research instruments were (1) lesson plans for model-based learning, (2) two-tier multiple-choice question (MCQ) tests and (3) a satisfaction questionnaire. The findings showed that (1) model-based learning activities were suitable for implementation, (2) students had better scientific conceptions, and (3) students had retention after learning with the model-based learning activities for four weeks. It indicated that the development of model-based learning activities in Biology can increase the scientific conceptions among students and their retention.

Keyword : Model-based Learning, Scientific conception, Biology, Upper secondary students, Retention

ประกาศคุณูปการ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาและการให้คำปรึกษาและแนะแนวทางในการทำวิจัยจากผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ให้คำปรึกษาในการศึกษาค้นคว้าตลอดจนให้คำแนะนำและแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ อย่างดียิ่ง ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณอาจารย์ทุกท่านด้วยความเคารพอย่างสูง

ขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.นลินา ประไพรักษ์ อาจารย์ ดร.มนตรี มณีภาครองศาสตราจารย์ ดร.อัจฉริยา รังษิรุจิ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิตุพรเทพิน และนางสาวรุ่งลาวัลย์ เจริญรักษ์รัตนะ ที่ให้ความกรุณาเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ตลอดจนให้คำแนะนำและแก้ไขเครื่องมือในการวิจัยจนสามารถนำไปใช้ในการเก็บข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ได้ และขอกราบขอบพระคุณรองศาสตราจารย์ ดร.พรรณี ลีกิจวัฒน์ ที่ให้คำแนะนำในการจัดทำปริญญานิพนธ์

ขอกราบขอบพระคุณผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุมพต พุ่มศรีภานนท์ และอาจารย์ ดร.อนิษฐา ศรีนวล ที่ให้ความกรุณาเป็นกรรมการสอบปากเปล่า พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะที่มีคุณค่าทำให้ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอกราบขอบพระคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่กรุณาให้ทุนสนับสนุนในการทำวิจัยครั้งนี้

ขอขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในเขตป้อมปราบศัตรูพ่าย กรุงเทพมหานคร ที่ให้ความร่วมมือในการเก็บข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ คุณค่าและประโยชน์ใด จากการทำปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยอุทิศแด่พระคุณบิดา มารดา ครูบาอาจารย์ตลอดจนผู้มีพระคุณทุกท่าน

พิมพ์ภัทร แก้วดี

ปริญญานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีผลต่อแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในรายวิชาชีววิทยา

ของ

พิมพ์ปภัทร แก้วดี

ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

ปริญญาการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยา

ของมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

.....รักษาการแทนคณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

(รองศาสตราจารย์ ดร.ปรินทร์ ชัยวิสุทธิธำรง)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ. 2559

อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

คณะกรรมการสอบปากเปล่า

.....ที่ปรึกษา

.....ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ)

(อาจารย์ ดร.อนิษฐา ศรีนวล)

.....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ)

.....กรรมการ

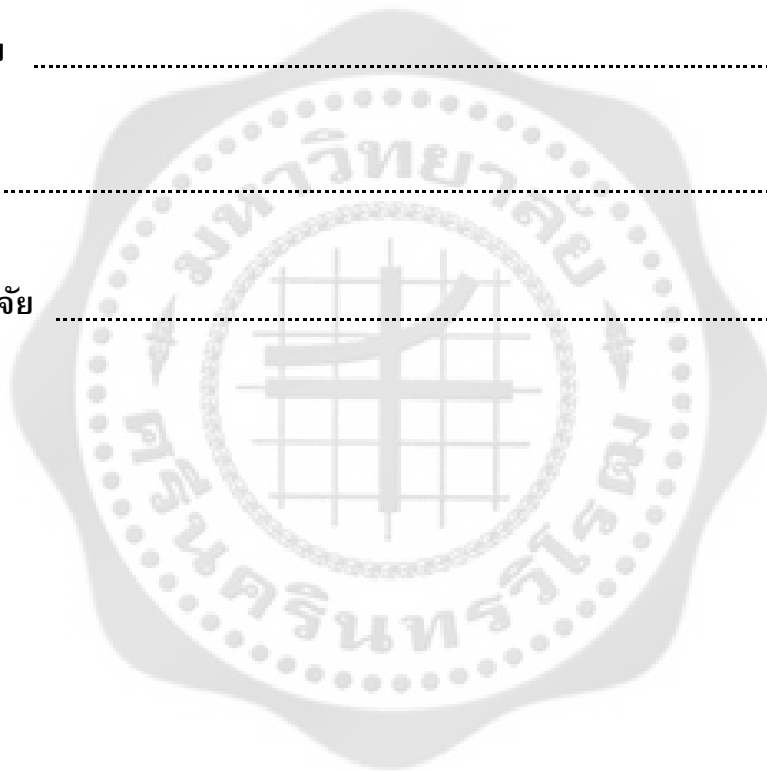
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.จุมพต พุ่มศรีภานนท์)

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
ภูมิหลัง	1
ความมุ่งหมายการวิจัย	3
ความสำคัญของการวิจัย	3
ขอบเขตการวิจัย	4
สมมติฐานของการวิจัย	5
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
การจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาชีววิทยา	7
การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	10
แนวคิดวิทยาศาสตร์	18
แบบจำลอง	25
ความคงทนของความรู้	28
เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ	31
3 วิธีดำเนินการวิจัย	33
กลุ่มศึกษาที่ใช้ในการวิจัย	33
ตัวแปรในการวิจัย	33
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	33
การสร้างเครื่องมือในการวิจัย	34
การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล	35
การวิเคราะห์ข้อมูล	38
4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	39
การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	39
การนำกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไปใช้กับกลุ่มที่ศึกษา	45

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	62
สรุปผลของการวิจัย	62
อภิปรายผลของการวิจัย	65
ข้อเสนอแนะ	69
บรรณานุกรม	70
ภาคผนวก	80
ประวัติย่อผู้วิจัย	161



บัญชีตาราง

ตาราง	หน้า
1 การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 4 กลุ่ม	23
2 การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 5 กลุ่ม	23
3 การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 6 กลุ่ม	24
4 ตารางวิเคราะห์ข้อสอบ	44
5 จำนวนข้อสอบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ตั้งแต่สร้างจนกระทั่งใช้จริง	45
6 การปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้	53
7 จำนวนและร้อยละของนักเรียนจำแนกตามประเภทแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท และฮอร์โมนเพศก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5	54
8 ผลการศึกษาความคงทนของความรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต	58
9 ผลการศึกษาความคงทนของความรู้ เรื่อง เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ ประสาท	58
10 ผลการศึกษาความคงทนของความรู้ เรื่อง ฮอร์โมนเพศ	59
11 ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง การ เคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท และฮอร์โมนเพศ	60

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ	หน้า
1 กรอบแนวคิดของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง (model and modeling).....	15
2 ขั้นตอนของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.....	16
3 ขั้นตอนการดำเนินงาน ในลักษณะของการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน.....	37
4 ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.....	40
5 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานก่อนการปรับแผนการจัดการเรียนรู้ ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ	41
6 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานหลังการปรับแผนการจัดการเรียนรู้ ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ	42
7 นักเรียนนำเสนอแบบจำลองโดยใช้การวาดภาพประกอบการอธิบาย	47
8 นักเรียนนำเสนอแบบจำลองโดยใช้การวาดรูป	47
9 แบบจำลองที่นักเรียนแสดงถึงทิศทางการเคลื่อนที่ของหมึก	48
10 เปรียบเทียบแบบจำลองเบื้องต้นและแบบจำลองที่ได้รับการปรับปรุง เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต	49
11 แบบจำลองเบื้องต้นของนักเรียน เรื่อง เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ ประสาท	50
12 แบบจำลองเรื่องเซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาทที่ปรับปรุงแล้ว หลังผ่านการสร้างแบบจำลองกลุ่ม	52
13 แนวคิดเรื่องการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	55
14 แนวคิดเรื่องเซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท ก่อนและหลังเรียน ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	56
15 แนวคิดเรื่องฮอร์โมนเพศ ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการ เรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน	57
16 คะแนนก่อนเรียน หลังเรียน และหลังเรียน 4 สัปดาห์ของนักเรียนที่ได้รับการ จัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท และฮอร์โมนเพศ	59



บทที่ 1

บทนำ

ภูมิหลัง

เป้าหมายของการเรียนการสอนสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ตามมาตรฐานการศึกษาขั้นพื้นฐานสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี คือ เพื่อเข้าใจหลักการพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์เป็นฐานในการอธิบายปรากฏการณ์ที่เกิดขึ้นในธรรมชาติ และสามารถตัดสินใจโดยใช้กระบวนการคิด การให้เหตุผล ประสพการณ์ ในการแก้ไขปัญหาในชีวิตประจำวัน เพื่อประโยชน์แก่บุคคลและสังคม (กระทรวงศึกษาธิการ. 2551) นอกจากนี้แนวทางในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามพระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542 มาตรา 42 ระบุให้ครูผู้สอนจัดเนื้อหาและกิจกรรมให้นักเรียนได้ใช้ความรู้ ประสพการณ์และกระบวนการคิดทางวิทยาศาสตร์ในการอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน (กระทรวงศึกษาธิการ. 2542) อีกทั้งนักการศึกษา มีความเชื่อว่าการจัดกิจกรรมให้นักเรียนได้สร้างแนวคิดหรือองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งเป็นไปตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (constructivism) นั้น มีความเชื่อว่าการเรียนรู้ด้วยตัวนักเรียนเอง นักเรียนจะสามารถเป็นผู้สร้างแนวคิด ได้ลงมือปฏิบัติ และให้ความหมายจากประสพการณ์ด้วยตนเอง (ทศนา แหมมณี. 2557) การเรียนรู้จึงจะเป็นการพัฒนา หรือเปลี่ยนแนวคิดที่มีอยู่แล้วของนักเรียน ดังนั้นครูจึงจำเป็นต้องทราบแนวคิดที่มีอยู่แล้วของผู้เรียนเพื่อดูว่ามีแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง และอีกประการหนึ่งคือ การที่นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์จะทำให้ นักเรียนสามารถสร้างความเข้าใจเพิ่มเติมจากการสอนของครู และเรียนรู้เนื้อหาได้อย่างรวดเร็ว (Hurd. 1970) เพราะฉะนั้นแนวคิดจึงมีความสำคัญต่อการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เป็นอย่างมาก (Armstrong; & Savage. 1994)

วิชาชีววิทยาเป็นรายวิชาหนึ่งที่อยู่ในสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่มีเนื้อหาค่อนข้างซับซ้อน มีความเป็นนามธรรม และมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน (ขวัญชนก ศรีทาสุษ. 2557) ดังนั้นนักเรียนจำเป็นต้องสามารถที่จะพูดหรือเขียนอธิบายแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้ และสามารถเชื่อมโยงหรือประยุกต์ความคิดวิทยาศาสตร์ไปใช้ในสถานการณ์ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม (Halloun. 1998: 239–263) อีกทั้งจากการประเมินผลการรู้วิทยาศาสตร์โดยโครงการประเมินผลนักเรียนนานาชาติ (PISA) พ.ศ. 2555 พบว่า นักเรียนไทยมีการรู้วิทยาศาสตร์อยู่ในระดับพื้นฐาน มีคะแนนเฉลี่ยอยู่ที่ 444 ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยต่ำกว่าค่าเฉลี่ยของ OECD อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ($p = 0.05$) (สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2556) และจากผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ภายใต้โครงการศึกษาแนวโน้มการศึกษาวิชาคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ระหว่างประเทศ (TIMSS) ประจำปี พ.ศ. 2554 พบว่า นักเรียนไทยมีคะแนนอยู่ใน

ระดับพื้นฐาน (สถาบันส่งเสริมวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2554) และจากผลการทดสอบดังกล่าวเป็นสิ่งที่สะท้อนให้เห็นว่านักเรียนยังคงมีความรู้และความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์อยู่ในระดับพื้นฐานเท่านั้นและการที่นักเรียนไทยได้คะแนนต่ำเป็นเพราะความไม่เคยชินกับข้อสอบในลักษณะนี้ กล่าวคือ การเขียนตอบหรือคำอธิบายเหตุผล การตีความ การคิดวิเคราะห์ และการสะท้อนความคิดหรือแสดงปฏิกิริยาตอบสนองต่อข้อความที่อ่านหรือข้อมูลที่ให้มา ซึ่งสิ่งเหล่านี้แทบจะไม่ปรากฏในข้อสอบของประเทศไทย ดังนั้นจึงเป็นเหตุผลที่สำคัญในการที่จะปรับปรุงเพื่อยกระดับคุณภาพการเรียนการสอนกลุ่มวิชาวิทยาศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ. 2552)

จากการประสพการณ์ที่ผู้วิจัยได้ฝึกประสบการณ์ปฏิบัติการสอนพบว่า นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อนใน 3 เรื่อง คือ การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท และฮอโมนเพศ ซึ่งสังเกตได้จากการสืบค้นข้อมูลย้อนหลังเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน จำนวน 3 ปีการศึกษา

รวมถึงตลอดระยะเวลา 100 ปี ที่ผ่านมาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะ (inquiry-based instruction) เข้ามามีบทบาทอย่างมากในการจัดการเรียนการสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วโลก รวมถึงประเทศไทยด้วย แต่มีทั้งที่ประสบความสำเร็จและไม่ประสบความสำเร็จในการจัดการเรียนการสอน ซึ่งโดยทั่วไปแล้วถือว่าห้องเรียนวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่ไม่เข้าใจแนวคิดของการสืบเสาะได้อย่างครบถ้วนสมบูรณ์ หรือเข้าใจผิด จึงนำไปใช้ในห้องเรียนได้อย่างไม่เต็มประสิทธิภาพ ซึ่งจากปัญหาดังกล่าวนั้น อาจเกิดจากการสืบเสาะถูกนิยามไว้ความครอบคลุมถึงทุกกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในหาคำตอบเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางธรรมชาติ ซึ่งอาจทำให้เกิดความคลุมเครือในการทำความเข้าใจและการนำไปปฏิบัติจริงในห้องเรียน ทำให้สภากิจแห่งชาติสหรัฐอเมริกาได้เพิ่มลักษณะของห้องเรียนแบบสืบเสาะ ในปี 2543 คือ 1) ผู้เรียนมีความสนใจในคำถามวิทยาศาสตร์ 2) ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานที่ใช้ตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ 3) ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานที่มีอยู่ 4) ผู้เรียนเชื่อมต่อกับคำอธิบายเข้ากับหลักการ ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ 5) ผู้เรียนสื่อสาร ถ่ายทอด และแสดงให้เห็นถึงความสมเหตุสมผลของคำอธิบายที่เกิดขึ้น เพื่อให้นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ อย่างมีเหตุผลตามหลักฐานเชิงประจักษ์ที่มีอยู่ในเชิงวิทยาศาสตร์ และเพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียนในศตวรรษที่ 21 ให้มากขึ้น (นิพนธ์ จันเลน. 2557: 6–9) โดยการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21 นั้นนักเรียนจำเป็นต้องเรียนรู้เรื่องประวัติและปรัชญาวิทยาศาสตร์ การสืบค้นและการทดลอง และวิธีการใช้เหตุผลเพื่อให้เกิดความซาบซึ้งใจในการค้นพบและแนวคิดวิทยาศาสตร์ และติดตามความคิดของนักวิทยาศาสตร์เพื่อสร้างแนวทางการเรียนรู้ของตนเอง (สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. 2556: 55–63)

จากการศึกษาค้นคว้าของผู้วิจัยพบว่าวิธีการที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์มีหลายวิธี และการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (model-based learning) ก็เป็นอีกวิธีหนึ่ง ซึ่งเป็นวิธีการที่ทำให้นักเรียนได้นำความรู้เกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ไปสู่การสร้างแบบจำลองทางความคิดในรูปแบบที่หลากหลายเพื่อนำเสนอแนวคิด ร่วมกับการมี

โอกาสได้เรียนรู้ร่วมกัน อภิปรายร่วมกัน และมีปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนเพื่อให้ได้รับความรู้ความเข้าใจสิ่งใหม่ ๆ และแบบจำลองช่วยให้นักเรียนได้นำเสนอความคิดของตน แสดงออกในสิ่งที่ป็นรูปธรรมสามารถทำให้มองเห็นความคิดอย่างเป็นระบบ (Windschittl; Thompson; & Braaten. 2008: 941–967) ซึ่งผลการวิจัยของพรเทพ จันทราอุกฤษฏ์ (2556) ได้พัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการสืบเสาะแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้องหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน เช่นเดียวกับงานวิจัยของละมัย โชคชัย เอกรัตน์ ทานาค และพรรณนภา ศักดิ์สูง (2557: 26–33) ได้นำการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมาทดลองใช้กับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้องมากขึ้นในเรื่องเซลล์ นอกจากนี้ยังมีงานวิจัยของ กฤษณา โภคพันธ์ (2554) พบว่า กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้องมากขึ้นเช่นกัน อันได้แก่ แนวคิดเรื่อง ดาราศาสตร์ เอกภพ กาแล็กซี ดาวฤกษ์ และระบบสุริยะ และพัฒนาดตนเองให้มีเจตคติทางวิทยาศาสตร์ระดับสูง แต่อย่างไรก็ตามยังมีงานวิจัยจำนวนน้อยมากที่ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อให้นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องในรายวิชาชีววิทยา

จากปัญหา แนวคิด และงานวิจัยที่กล่าวมาข้างต้นทำให้ผู้วิจัยมีความสนใจในการนำการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มาใช้ในการจัดการเรียนการสอนในรายวิชาชีววิทยาเพื่อศึกษาแนวคิดวิทยาศาสตร์และความคงทนของความรู้ ซึ่งอาจเป็นแนวทางที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนเกิดการรู้วิทยาศาสตร์ได้อย่างสมบูรณ์

ความมุ่งหมายของการวิจัย

ความมุ่งหมายของการวิจัยในครั้งนี้ มีดังนี้

1. พัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานให้มีคุณภาพ
2. ศึกษาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายด้วยการจัดเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
3. ศึกษาความคงทนของความรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านไปแล้ว 4 สัปดาห์ ($p = 0.05$)

ความสำคัญของการวิจัย

การศึกษาในครั้งนี้ทำให้ทราบผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีผลต่อแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในรายวิชาชีววิทยา นอกจากนี้ยังทำการศึกษาถึงความคงทนของความรู้หลังนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านแล้ว 4 สัปดาห์ ซึ่งจากผลการศึกษาในครั้งนี้อาจทำให้ครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่น ๆ สามารถนำไปปรับปรุงและพัฒนาการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

ใช้แบบจำลองเป็นฐานในการเรียนการสอนในรายวิชาอื่น ๆ ได้เพื่อพัฒนาให้นักเรียนใช้แนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องในการอธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในชีวิตประจำวันได้อย่างมีเหตุผล โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และหลักฐานเชิงประจักษ์ รวมถึงสามารถต่อยอดความรู้ไปสู่การเรียนรู้ที่กว้างขึ้น

ขอบเขตของการวิจัย

ขอบเขตของงานวิจัยประกอบด้วย กลุ่มที่ศึกษา เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย ตัวแปรที่ศึกษา และนิยามศัพท์เฉพาะ โดยมีรายละเอียด ดังนี้

กลุ่มที่ศึกษา

ประชากรเป็นนักเรียนในระดับช่วงชั้นที่ 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในเขตป้อมปราบศัตรูพ่าย กรุงเทพมหานคร จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 43 คน จากการชักตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling)

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้จัดอยู่ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาชีววิทยา ได้แก่ เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท และฮอโมนเพศ

ตัวแปรที่ศึกษา

1. ตัวแปรอิสระ (independent variable) ได้แก่ การจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2. ตัวแปรตาม (dependent variable) ได้แก่

2.1 แนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในรายวิชาชีววิทยา โดยใช้การจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2.2 ความคงทนของความรู้ในรายวิชาชีววิทยา หลังจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายได้รับการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านไปแล้ว 4 สัปดาห์

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยกำหนดไว้ทั้งสิ้น 2 ปีการศึกษา (สิงหาคม 2558–พฤษภาคม 2559) และระยะเวลาที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ คือ ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 ระยะเวลาทั้งหมด 4 สัปดาห์ สัปดาห์ละ 3 คาบ รวมคาบเรียนทั้งหมด 12 คาบเรียน

นิยามศัพท์เฉพาะ

การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (model-based learning) หมายถึง กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองในการทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยนักเรียนจะต้องผ่านกระบวนการสร้าง การประเมิน และการปรับปรุงแบบจำลอง เพื่อให้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น

แนวคิดวิทยาศาสตร์ (scientific conception) หมายถึง ความคิด ความเข้าใจที่เกิดจากการการสรุปลักษณะที่สำคัญของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสรุปเพื่อให้ได้ความรู้หรือคำตอบที่น่าเชื่อถือมากที่สุด ซึ่งแนวคิดวิทยาศาสตร์จะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหาในบทเรียนและมีความรู้ระดับที่สูงชัดเจนดีขึ้น

แบบจำลอง หมายถึง สิ่งที่ใช้แทนของจริงหรือเป็นตัวแทนระบบอื่น ๆ ที่เป็นเป้าหมาย (target) ซึ่งประกอบไปด้วยแบบจำลองความคิด วัตถุ เหตุการณ์ กระบวนการ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ เพื่อที่จะอธิบายถึงปรากฏการณ์ทางธรรมชาติต่าง ๆ ให้เห็นเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น

ความคงทนของความรู้ หมายถึง ความสามารถในการเก็บรักษา จดจำ และระลึกได้ต่อสิ่งที่เป็นประสบการณ์ที่เคยรับรู้หรือเรียนมาแล้วหลังจากได้ทั้งระยะเวลาไว้วงหนึ่ง

สมมุติฐานการวิจัย

1. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในรายวิชาชีววิทยา มีแนวคิดวิทยาศาสตร์หลังเรียนดีกว่าก่อนเรียน
2. นักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในรายวิชาชีววิทยา มีความคงทนของความรู้หลังจากเรียนผ่านไปแล้ว 4 สัปดาห์



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเพื่อศึกษาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ที่มีผลต่อแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย ในรายวิชาชีววิทยา ต้องอาศัยข้อมูลพื้นฐานเพื่อนำมาประกอบในการวิจัย ซึ่งผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าตรวจสอบเอกสารต่าง ๆ และนำมาเรียบเรียงตามลำดับ ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์รายวิชาชีววิทยา (เพิ่มเติม)
 - 1.1 สารสำคัญ
 - 1.2 สารและมาตรฐานการเรียนรู้
2. การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
 - 2.1 ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
 - 2.2 ทฤษฎีที่สนับสนุนแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
 - 2.3 ขั้นตอนของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
3. แนวคิดวิทยาศาสตร์
 - 3.1 ความหมายและองค์ประกอบของแนวคิดวิทยาศาสตร์
 - 3.2 บทบาทของครูในการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์
 - 3.3 การวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์
 - 3.4 การจัดกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์
4. แบบจำลอง
 - 4.1 ความหมายและลักษณะของแบบจำลอง
 - 4.2 ประเภทของแบบจำลอง
 - 4.3 ลักษณะและข้อจำกัดของแบบจำลอง
5. ความคงทนของความรู้
 - 5.1 ความหมายของความคงทนของความรู้
 - 5.2 การวัดความคงทนของความรู้
 - 5.3 ระยะเวลาในการวัดความคงทนของความรู้
 - 5.4 เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคงทนของความรู้
6. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศ

การจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาชีววิทยา (เพิ่มเติม)

1. สาระสำคัญ

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยี เครื่องมือ เครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงานเหล่านี้ล้วนเป็นผลของความรู้วิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ ซึ่งวิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์และคิดอย่างมีวิจารณญาณ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ข้อมูลที่หลากหลายและมีประสิทธิภาพที่ตรวจสอบได้ และวิทยาศาสตร์เป็นวัฒนธรรมของโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ (knowledge-based society) ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อให้มีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม อย่างเป็นระบบ ซึ่งการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางขั้นพื้นฐาน ปีพุทธศักราช 2551 เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ มีความหลากหลายเพื่อให้ผู้เรียนผ่านกระบวนการคิด กระบวนการทางสังคม การฝึกฝนทักษะผ่านกระบวนการปฏิบัติการ กระบวนการเรียนรู้จากประสบการณ์ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. 2553)

1.1 การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

สิ่งมีชีวิตมีโครงสร้างที่ใช้ในการเคลื่อนที่แตกต่างกัน สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวบางชนิดเคลื่อนที่โดยการไหลของไซโทพลาซึมเป็นเท้าเทียม เช่น อะมีบา บางชนิดเคลื่อนที่โดยอาศัยการพัดโบกของแฟลเจลลัม เช่น ยูกลีนา หรือบางชนิดเคลื่อนที่โดยอาศัยซิเลีย เช่น พารามีเซียม ส่วนสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น แมงกะพรุนอาศัยการหดตัวตรงกันข้ามกันของเนื้อเยื่อขอบกระดิ่งและเนื้อเยื่อผนังลำตัวทำให้เกิดแรงดันน้ำ หมึกใช้กล้ามเนื้อบริเวณลำตัวและแรงดันน้ำ นอกจากนี้ยังใช้ไซฟอนและครีบช่วยในการบังคับทิศทางเคลื่อนที่อีกด้วย ดาวทะเลเคลื่อนที่โดยอาศัยแรงดันของน้ำและระบบท่อลำเลียงในร่างกาย ไส้เดือนดินใช้เดือยและการทำงานของกล้ามเนื้อผนังลำตัวสองชุดคือกล้ามเนื้อวงและกล้ามเนื้อตามยาวทำงานในสภาวะตรงกันข้าม (antagonism) แมลงใช้กล้ามเนื้อสองชุดทำงานในสภาวะตรงกันข้ามกันทั้งที่ขาและที่ปีก เช่นเดียวกัน สำหรับสัตว์มีกระดูกสันหลัง เช่น ปลาอาศัยครีบและกล้ามเนื้อที่ยึดติดกระดูกสันหลังทั้งสองข้าง นกเคลื่อนที่โดยอาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อและโครงกระดูก

คนเคลื่อนที่โดยอาศัยการทำงานของระบบโครงกระดูกและระบบกล้ามเนื้อ กระดูกแต่ละชิ้นเชื่อมต่อกันด้วยข้อต่อ กล้ามเนื้อแต่ละคู่ที่ยึดติดกับกระดูกทำงานร่วมกันในสภาวะตรงกันข้าม (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2554)

1.2 เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท

เนื้อเยื่อประสาทประกอบด้วยเซลล์ประสาทและเซลล์คำจุน สำหรับเซลล์คำจุน เช่น เซลล์ชวันน์ (Schwann cell) มีหน้าที่สร้างเยื่อไมอีลิน (myelin sheath) หุ้มใยประสาท ใยประสาทที่มีเยื่อไมอีลินหุ้มจะนำกระแสประสาทได้เร็วกว่าใยประสาทที่ไม่มีเยื่อไมอีลินหุ้ม เซลล์ประสาทมีหลายชนิด และการจำแนกชนิดของเซลล์ประสาทอาจจะจำแนกตามโครงสร้างหรือหน้าที่ของเซลล์ประสาทนั้น

การทำงานของเซลล์ประสาทเมื่อเซลล์ประสาทถูกกระตุ้นถึงระดับที่ตอบสนองได้ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์ คือ ผิวด้านนอกเซลล์เปลี่ยนเป็นประจุลบ และ ผิวด้านในเซลล์เปลี่ยนเป็นประจุบวก เรียกว่า เกิดกระแสประสาท (action potential) แบ่งออกเป็น 4 ระยะ ดังนี้

1) ระยะ **polarization (resting stage)** ในสภาวะปกติภายนอกเซลล์มี Na^+ และ Cl^- มาก ส่วนภายในเซลล์มี K^+ และกรดนิวคลีอิกมาก ทำให้เกิดความต่างศักย์ที่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ เท่ากับ $\approx -70 \text{ mV}$ หากเซลล์ประสาทถูกกระตุ้นไม่ถึงระดับที่ตอบสนองได้ เกิดการทำงานที่เรียกว่า โซเดียม-โพแทสเซียมปั๊ม (Na-K pump) โดย Na^+ จะถูกส่งออกนอกเซลล์และ K^+ จะถูกส่งเข้าสู่เซลล์ ในอัตราส่วน 3 Na^+ ต่อ 2 K^+ เพื่อให้ความต่างศักย์ตรงบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์กลับเข้าสู่สภาวะสมดุลที่ $\approx -70 \text{ mV}$

2) ระยะ **depolarization** เมื่อเซลล์ประสาทถูกกระตุ้นถึงระดับที่ตอบสนองได้ จะส่งผลทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลง คือ ประตู Na^+ เปิด และ Na^+ จะไหลเข้าสู่ภายในเซลล์จำนวนมาก จนทำให้ความต่างศักย์ตรงบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์เปลี่ยนจาก $\approx -70 \text{ mV}$ เป็น $\approx +50 \text{ mV}$ เกิดเป็นกระแสประสาท (action potential หรือ nerve impulse)

3) ระยะ **repolarization** เมื่อความต่างศักย์ตรงบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ถึงระดับ $\approx +50 \text{ mV}$ จะไปกระตุ้นให้ประตู K^+ เปิดออก ส่งผลให้ K^+ ไหลออกจากเซลล์จำนวนมากจนกระทั่งความต่างศักย์ตรงบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์เปลี่ยนจาก $\approx +50 \text{ mV}$ เป็น $\approx -70 \text{ mV}$

4) ระยะ **hyperpolarization** เพื่อป้องกันการเกิดกระแสประสาทย้อนกลับประตู K^+ ยังคงเปิดอยู่ส่งผลทำให้ความต่างศักย์ตรงบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์ต่ำกว่า $\approx -70 \text{ mV}$ จากนั้นประตู K^+ จะปิดลง และเพื่อให้ความต่างศักย์ตรงบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์กลับเข้าสู่สภาวะสมดุลที่ $\approx -70 \text{ mV}$ ดังนั้นต้องอาศัยการทำงานของ Na-K pump เพื่อกลับเข้าสู่ระยะ polarization (resting stage) อีกครั้ง

กระแสประสาทจะถ่ายทอดไปยังเซลล์หนึ่งโดยอาศัยสารสื่อประสาท ซึ่งเรียกการส่งกระแสประสาทจากอีกเซลล์หนึ่งไปยังอีกเซลล์หนึ่งนี้ว่า การไซแนปส์ (synapse) (Shier; & Lewis. 2015; & Reece; et al. 2011)

1.3 ฮอร์โมนเพศ

ฮอร์โมนเพศมีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาอวัยวะสืบพันธุ์และพฤติกรรมทางเพศ ซึ่งแหล่งที่สร้างฮอร์โมนเพศมี 2 แหล่งด้วยกัน คือ จากต่อมหมวกไตและอวัยวะเพศ(อัณฑะในเพศชายและรังไข่ในเพศหญิง) โดยอวัยวะเพศจะเป็นแหล่งหลักในการสร้างและหลั่งฮอร์โมนเพศ และสามารถสร้างและหลั่งฮอร์โมนเพศได้ 3 ชนิด ได้แก่ เอสโตรเจน (estrogen) แอนโดรเจน (androgen) และโปรเจสเตอโรน (progesterone) ส่วนต่อมหมวกไตจะสร้างและหลั่งฮอร์โมนเพศได้ในปริมาณน้อย

ฮอร์โมนที่สร้างและหลั่งจากส่วนหนึ่งภายในอวัยวะเพศถูกควบคุมโดยฮอร์โมนโกนาโดโทรปิน (gonadotropin) ที่ถูกสร้างและหลั่งจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า (anterior pituitary gland) และการสร้างและหลั่งฮอร์โมนโกนาโดโทรปินถูกควบคุมการทำงานโดยฮอร์โมนโกนาโดโทรปินรีลีสซิงฮอร์โมน (gonadotropin-releasing hormone: GnRH) ที่ถูกสร้างและหลั่งจากสมองส่วนไฮโปทาลามัส โดยฮอร์โมนโกนาโดโทรปินที่ถูกสร้างและหลั่งจากต่อมใต้สมองส่วนหน้าประกอบด้วยฮอร์โมน 2 ชนิด ได้แก่ follicle stimulating hormone (FSH) และ luteinizing hormone (LH)

ในเพศชาย FSH มีผลต่อการเจริญเติบโตของอัณฑะและหลอดสร้างอสุจิให้สร้างอสุจิ เพื่อให้มีการสร้างอสุจิ ส่วน LH เมื่อถูกหลั่งออกมาจะมีผลกระตุ้นให้เซลล์เลย์ดิก (Leydig cell) หรือเซลล์อินเตอร์สติเชียล (interstitial cell) ที่อยู่ในอัณฑะสร้างและหลั่งฮอร์โมนแอนโดรเจน ซึ่งฮอร์โมนแอนโดรเจนที่สำคัญ คือ ฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน (testosterone) โดยฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนมีผลทำให้เพศชายเมื่อเข้าสู่วัยรุ่นจะแสดงลักษณะทางเพศขั้นที่ 2 (secondary sex characteristics) นั่นก็คือ มีเสียงห้าว มีขนขึ้นที่หัวเหน่า รักแร้ มีหนวดเครา

ในเพศหญิง FSH มีผลไปกระตุ้นการพัฒนาของฟอลลิเคิล (follicle) ภายในรังไข่และในขณะที่ฟอลลิเคิลพัฒนาไปก็ถูกพัฒนาด้วยเช่นกัน และเมื่อฟอลลิเคิลถูกพัฒนาเป็นกาเฟียนฟอลลิเคิล (graafian follicle) จะสร้างและหลั่งเอสโตรเจนออกมา ซึ่งเอสโตรเจนจะมีผลต่อการแสดงลักษณะทางเพศขั้นที่ 2 ของเพศหญิง โดยมีผลทำให้เพศหญิงมีเสียงที่เล็กแหลม สะโพกผายออก มีการพัฒนาของต่อมสร้างน้ำนม มีขนขึ้นตรงบริเวณหัวเหน่า รักแร้ และฮอร์โมนเอสโตรเจนยังไปกระตุ้นให้ต่อมใต้สมองส่วนหน้าสร้างและหลั่งฮอร์โมน LH ซึ่งไปมีผลไปกระตุ้นให้ไข่ตก เกิดเป็นรอยแผลบนรังไข่ที่เรียกว่า คอร์ปัส ลูเทียม (corpus luteum) โดยคอร์ปัส ลูเทียมจะสร้างและหลั่งฮอร์โมนโปรเจสเตอโรน (progesterone) และเอสโตรเจนเพื่อทำงานร่วมกันในการเตรียมให้เพศหญิงเข้าสู่ความเป็นแม่ นั่นคือ มีผลทำให้มีการสร้างเยื่อผนังมดลูกให้หนามากยิ่งขึ้นเพื่อรองรับการฝังตัวของเอ็มบริโอ (embryo) หลังจากไข่ได้รับการผสม หลังจากนั้นจะเกิดเหตุการณ์ได้ 2 กรณี คือ หากไข่ไม่ได้รับการผสมคอร์ปัส ลูเทียมจะสลายไปทำให้เยื่อผนังมดลูกสลายไปด้วยกลายเป็นประจำเดือน แต่หากไข่ได้รับการผสม เอ็มบริโอจะเคลื่อนตัวเข้าไปฝังตัวที่เยื่อผนังมดลูกและภายหลังการฝังตัวของเอ็มบริโอที่เยื่อผนังมดลูก 7 วัน รกจะสร้างและหลั่งฮอร์โมนฮิวแมนคอร์

โอนิกโกนาโดโทรฟิน (human Chorionic Gonadotrophin: HCG) ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่สามารถตรวจได้ว่าท้องหรือไม่ด้วยชุดทดสอบการตั้งครรภ์ โดยฮอร์โมน HCG จะไปกระตุ้นให้คอร์ปัสลูเทียมยังคงสร้างและหลั่งเอสโตรเจนและโปรเจสเตอโรนต่อไปอีก 4 เดือน และหลังจากนั้นรกจะสร้างและหลั่งเอสโตรเจนและโปรเจสเตอโรนแทนคอร์ปัสลูเทียม (Shier; & Lewis. 2015 และ Reece; et al. 2011)

2. สารและมาตรฐานการเรียนรู้

งานวิจัยในครั้งนี้จะทำการศึกษาในเรื่องการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เซลล์ประสาทและหน้าที่ของเซลล์ประสาท และฮอร์โมนเพศ ซึ่งเป็นเนื้อหาที่อยู่ในรายวิชาชีววิทยา เพิ่มเติม 2 ซึ่งจากหลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้นพื้นฐาน 2551 บนเว็บไซต์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2558: ออนไลน์) กล่าวถึงคำอธิบายรายวิชาชีววิทยา เพิ่มเติม 2 ไว้ดังนี้

การศึกษาโครงสร้างและอวัยวะที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ของสัตว์และมนุษย์ ศึกษากระบวนการประสาทและอวัยวะรับรู้ความรู้สึก การรับรู้และตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ของสัตว์และมนุษย์ เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท สมอและไขสันหลังที่เป็นศูนย์ควบคุมระบบประสาทการทำงานของระบบประสาทโซมาติกและระบบประสาทอัตโนมัติ โครงสร้างและการทำงานของอวัยวะรับรู้ความรู้สึกที่เกี่ยวกับนัยน์ตากับการมองเห็น หูกับการได้ยิน จมูกกับการดมกลิ่น ลิ้นกับการรับรส และผิวหนังกับการรับรู้ความรู้สึก ศึกษากระบวนการต่อมไร้ท่อ โครงสร้างและการทำงานของต่อมไร้ท่อ ฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อและอวัยวะที่สำคัญ การรักษาดุลยภาพของร่างกายด้วยฮอร์โมนและฟีโรโมนในสัตว์

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

- 1) อธิบายโครงสร้างและกลไกการเคลื่อนไหวของสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ได้แก่ โปรทิสต์ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง สัตว์มีกระดูกสันหลังบางชนิด และมนุษย์
- 2) อธิบายและจำแนกโครงสร้าง หน้าที่ของเซลล์ประสาทแต่ละชนิดได้ถูกต้อง
- 3) อธิบายการเกิดกระแสประสาท และการเคลื่อนที่ของกระแสประสาทจากเซลล์หนึ่งไปสู่อีกเซลล์หนึ่ง ความสำคัญของสารสื่อประสาท และตระหนักในโทษของสารเสพติดที่มีผลต่อการทำงานของระบบประสาท
- 4) อธิบายกลไกการทำงานของฮอร์โมนเพศ และบอกตำแหน่งของแหล่งสร้างฮอร์โมนเพศได้

การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่มีรากฐานมาจาก 1) ทฤษฎีการเปลี่ยนแปลงแนวคิด (conceptual change theory) ซึ่งเกิดมาจากทฤษฎีของ Piaget ที่เกี่ยวกับ

ความคิดหรือการเรียนรู้ของนักเรียนแต่ละคน (individual learning) จากการทำงานด้านวิทยาศาสตร์ของ Kuhn และจากการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดทางเลือกของนักเรียน 2) การศึกษาด้านวิทยาศาสตร์ และ 3) จิตวิทยาเกี่ยวกับแบบจำลองทางความคิด การอุปมาอุปไมย และการเปรียบเทียบ (Clement; et al. 2008: 23–44)

1. ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

Gobert; & Buckley (2000: 891–894) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ว่า การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง การเตรียมการที่จะนำไปสู่แหล่งของข้อมูล กิจกรรมการเรียนรู้ และวิธีการในการเรียนการสอน ซึ่งส่งผลทำให้ง่ายต่อการสร้างแบบจำลองทางความคิดด้วยตัวของผู้เรียนเองและเพื่อนร่วมกลุ่ม

Buckley et al. (2004: 23–41) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ว่า การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง กระบวนการในการทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยผ่านการสร้างและปรับปรุงแบบจำลองของปรากฏการณ์นั้น ๆ อย่างต่อเนื่อง โดยหลักการในการจัดการเรียนรู้เริ่มต้นด้วยการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนเพื่อสร้างแบบจำลองทางความคิด (produce mental model) เกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา จากนั้นนักเรียนจึงแสดงออกแบบจำลอง (express model) ที่สร้างขึ้นรูปแบบต่าง ๆ เช่น สิ่งที่เป็นรูปธรรม คำพูด สัญลักษณ์ รูปภาพ ต่อมานักเรียนทำการทดสอบ และประเมิน แบบจำลองโดยการนำไปทดลองใช้เพื่อนำไปสู่การปรับปรุง และแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น รวมทั้งขยายแบบจำลองเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

Groesser; & Gallen (2012: 2303–2310) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ว่า การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง กิจกรรมของมนุษย์ที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองต่าง ๆ โดยมีจุดประสงค์เพื่อการจัดการเรียนรู้ ซึ่งแบบจำลองนั้นจะถูกใช้เป็นสิ่งที่อ้างอิงถึงโครงสร้างหรือชี้นำไปสู่กระบวนการเรียนรู้ด้วยตัวของนักเรียนเอง

Spector (2012: 2316–2320) ได้ให้ความหมายของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ว่า การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองในการนำเสนอปัญหา การแก้ไขปัญหของนักเรียน ซึ่งนักเรียนจะต้องใช้ความคิดอย่างมีวิจารณญาณโดยใช้แบบจำลองนั้นนำไปสู่กระบวนการเรียนรู้

โดยสรุปแล้วการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน หมายถึง กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองในการทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ โดยนักเรียนจะต้องผ่านกระบวนการสร้าง การประเมิน และการปรับปรุงแบบจำลอง เพื่อให้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น

2. ทฤษฎีที่สนับสนุนแนวทางการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

วิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สอดคล้องกับธรรมชาติของการเรียนรู้ของมนุษย์ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ (constructivism) นั่นคือการจัดการเรียนรู้ต้องคำนึงถึงความรู้เดิมที่มีอยู่แล้วของนักเรียน เน้นให้นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการเรียนรู้ นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติจริง และมีปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่น ซึ่งทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองมีสาระสำคัญของทฤษฎี ดังนี้

ทฤษฎีการสร้างความรู้มีความเชื่อหรือสมมติฐานสำคัญ คือ บุคคลสามารถสร้างความรู้ได้จากพื้นฐานของความรู้เดิม (Brandon; Bailey; & Belderson. 2010) การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวนักเรียน โดยนักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้หรือประสบการณ์เดิม ขณะที่สังคมเป็นสิ่งที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดความรู้กระตือรือร้น สร้างปฏิสัมพันธ์และกำหนดขอบเขตของสิ่งแวดล้อมในการเรียนรู้ โดยทฤษฎีการสร้างความรู้ที่เน้นกระบวนการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับสติปัญญา ไม่เน้นพฤติกรรมการเรียนรู้ นักสรรคนิยมเชื่อว่าสมองของมนุษย์ไม่ใช่สิ่งที่ว่างเปล่า ดังนั้น ไม่สามารถบรรจุข้อมูลลงในสมองของนักเรียนได้โดยตรง แต่แนวทางการเรียนรู้คือ นักเรียนเป็นผู้เรียนรู้อย่างกระตือรือร้น นักเรียนเข้ามาในห้องเรียนโดยมีความรู้และประสบการณ์เดิม ซึ่งเป็นสิ่งสำคัญที่ใช้ในการตีความและสร้างความเชื่อมโยงกับเรื่องที่กำลังจะเรียน (Llewellyn. 2005: 65–87)

ทฤษฎีการสร้างความรู้เป็นทฤษฎีทางสติปัญญา (theory of cognition) มีรากฐานจากปรัชญา สังคมวิทยา จิตวิทยาและการศึกษา (Brandon; Bailey; & Belderson. 2010) โดยรากฐานสำคัญของการพัฒนาทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ Piaget ที่อธิบายการเรียนรู้ว่าบุคคลแต่ละคนพยายามที่จะนำความเข้าใจเกี่ยวกับเหตุการณ์และปรากฏการณ์ที่ตนพบเห็น มาสร้างเป็นโครงสร้างทางปัญญา (cognitive apparatus) ความหมายเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งจะถูกสร้างขึ้นในสมองของนักเรียน จากความสัมพันธ์ระหว่างประสาทสัมผัสของนักเรียนกับโลกภายนอก โครงสร้างทางปัญญานี้เป็นผลมาจากความพยายามทางความคิด (mental effort) หากการใช้ความรู้เดิมของตนทำนายเหตุการณ์ได้ถูกต้อง จะทำให้โครงสร้างทางปัญญาของบุคคลเดิมและมั่นคงมากยิ่งขึ้น แต่หากการคาดคะเนไม่ถูกต้องจะทำให้โครงสร้างทางปัญญาของบุคคลเดิมและมั่นคงมากยิ่งขึ้น แต่หากการคิดคะเนไม่ถูกต้อง นักเรียนจะสงสัยขัดข้องใจ หรือที่ Piaget กล่าวว่าเกิดภาวะไม่สมดุล (disequilibrium) เมื่อเกิดความขัดแย้งขึ้น นักเรียนมีทางเลือก 3 ทาง ได้แก่ 1) ยึดติดกับความคิดเดิมในโครงสร้างทางปัญญาของตน ปฏิเสธข้อมูลจากประสาทสัมผัสหรือหาเหตุผลที่หักล้างข้อมูลจากประสาทสัมผัสออกไป 2) ปรับความคิดในโครงสร้างทางปัญญา โดยการพยายามที่จะเชื่อมโยงความคิดหรือประสบการณ์เดิมกับความคิดหรือประสบการณ์ใหม่ ในลักษณะดังกล่าวนี้จะทำให้การเรียนรู้มีความหมายขึ้น และ 3) ไม่สนใจที่จะทำความเข้าใจ โดยภาวะที่ไม่สมดุลเกิดขึ้นจากการเชื่อมโยงระหว่างโลกภายนอกกับโลกภายในของนักเรียนประสาทสัมผัส กลไกทางประสาท สรีรวิทยา ชีวเคมี การรับข้อมูลเข้าสู่โครงสร้างทางปัญญา เรียกว่า “กระบวนการดูดซับ (assimilation)” เมื่อเกิดภาวะที่ไม่สมดุลขึ้น จะส่งผลให้เกิดการปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญา

โดยกระบวนการที่เรียกว่า “กระบวนการปรับให้เหมาะสม (accommodation)” ซึ่งจะช่วยให้การเรียนรู้มีความหมายต่อตนเอง (ทิตนา แซมมณี. 2557)

ทฤษฎีการสร้างความรู้ได้มีการนำมาใช้เป็นพื้นฐานของการจัดการเรียนรู้อย่างกว้างขวางนักการศึกษาและนักจิตวิทยาทางสติปัญญาจึงได้นำเสนอหลักการสำคัญหรือลักษณะสำคัญที่บ่งชี้ถึงการเรียนรู้และการเรียนการสอนโดยใช้ทฤษฎีดังกล่าว ซึ่งได้นำเสนอตามลำดับดังนี้

McInerney; & McInerney (2002) ได้สรุปลักษณะสำคัญของทฤษฎีการสร้างความรู้ไว้ 7 ประการ ดังนี้

- 1) ความรู้ปรากฏอยู่ในสมองของบุคคล ความรู้ไม่ได้อยู่บนกระดานหรืออยู่ในหนังสือ
- 2) การสร้างความหมายหรือตีความสิ่งต่าง ๆ ขึ้นอยู่กับความรู้ที่มีอยู่ของแต่ละบุคคล ดังนั้นความเข้าใจในสิ่งเดียวกันจะแตกต่างกันในแต่ละบุคคล
- 3) ความรู้สร้างขึ้นภายในตัวบุคคล ซึ่งเชื่อมโยงความรู้เดิมกับโลกภายนอก นักเรียนไม่สามารถซึมซับความรู้ที่ผู้อื่นถ่ายทอดได้ แต่เป็นการสร้างความรู้ได้ด้วยตนเอง
- 4) ความรู้ไม่คงที่ สามารถเปลี่ยนแปลงได้ โดยไม่มีคำตอบที่ถูกต้องหรือผิดเพียงประการเดียว เพียงแต่ความรู้นั้นเหมาะสมหรือเป็นประโยชน์มากหรือน้อย ดังนั้นความรู้ทั้งหลายสามารถสร้างใหม่และเปลี่ยนแปลงได้
- 5) การสร้างความรู้เป็นผลมาจากพัฒนาการทางชีวภาพและประสบการณ์ของแต่ละบุคคล
- 6) ความรู้สร้างขึ้นได้ด้วยการรับรู้และการปฏิบัติ
- 7) การสร้างความรู้ต้องอาศัยพลังและระยะเวลา โดยที่บุคคลส่วนใหญ่ต้องการแรงจูงใจ การสนับสนุนและสภาพแวดล้อมที่ท้าทายต่อการเรียนรู้

Tarber (2006: 125–184) สรุปลักษณะสำคัญของทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองไว้ 7 ประการ ดังนี้

- 1) นักเรียนเป็นผู้สร้างความรู้อย่างกระตือรือร้น การเรียนรู้เกิดจากการปฏิบัติของนักเรียนเอง ไม่ได้เกิดจากการกำหนดหรือถ่ายทอดจากผู้อื่น
- 2) ความรู้จะถูกสร้างขึ้นโดยนักเรียนที่อยู่สถานการณ์แห่งการเรียนรู้ (learning situation)
- 3) นักเรียนมีความรู้ความคิดเป็นของตนเอง และความรู้ความคิดของตนเองนั้นถูกใช้เป็นเครื่องมือสำคัญในการศึกษาปรากฏการณ์ต่าง ๆ
- 4) ความรู้หรือความคิดของบุคคลอาจเปลี่ยนแปลงได้ยาก
- 5) ความรู้ อยู่ภายในสมอง โดยมีลักษณะเป็นโครงสร้างทางปัญญา
- 6) หากต้องการที่จะเปลี่ยนแปลงความรู้หรือความคิดของนักเรียน จำเป็นต้องดึงเอาความรู้หรือความคิดเดิมของนักเรียนออกมา

7) แม้ว่าความรู้จะเป็นของนักเรียนแต่ละคน แต่นักเรียนสามารถสร้างความรู้ได้ด้วยการมีปฏิสัมพันธ์กับโลกภายนอก สังคม วัฒนธรรม และการใช้ภาษา

Jia (2010: 197–199) ได้สรุปหลักการสำคัญของทฤษฎีการสร้างความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการเรียนรู้ไว้ดังนี้

1) ความรู้ คือ คำอธิบายและสมมติฐาน ไม่ใช่คำตอบสุดท้ายของคำถาม ความรู้ไม่สามารถสรุปเป็นกฎของธรรมชาติที่ถูกต้องที่สุด นอกจากนี้ ความรู้ไม่ได้อยู่ในรูปแบบทางภาษาหรือมีอยู่อย่างจำเพาะ แต่ภาษาและสัญลักษณ์ต่าง ๆ เป็นสิ่งที่สนับสนุนความรู้ ดังนั้น บุคคลจึงอาจมีความเข้าใจในเรื่องเดียวกันไม่ตรงกัน โดยความเข้าใจดังกล่าวเกิดจากพื้นฐานความรู้และประสบการณ์ที่แตกต่างกันของแต่ละบุคคล

2) ความรู้ คือ กระบวนการที่เกิดขึ้นในระดับบุคคล สร้างขึ้นเป็นโครงสร้างทางปัญญา โดยเริ่มต้นจากการรับข้อมูลแล้วสร้างความหมายโดยการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างความรู้เดิมกับข้อมูลที่ได้รับ หรือกล่าวได้ว่า สิ่งเร้าภายนอกที่กระตุ้นประสาทสัมผัสเพียงอย่างเดียว ไม่ได้มีความหมายต่อการเรียนรู้ หากแต่การเรียนรู้ที่แท้จริงคือ การสร้างความรู้ด้วยพื้นฐานของความรู้และประสบการณ์เดิมที่เชื่อมโยงกับสิ่งเร้าภายนอก

3) ทฤษฎีการสร้างความรู้ มีความเชื่อว่านักเรียนเข้ามาในห้องเรียนโดยมีความรู้และประสบการณ์เดิม โดยนักเรียนเข้ามาเรียนเพื่อสร้างข้อสงสัยและสมมติฐานของเรื่องที่เรียนโดยอาศัยความรู้และประสบการณ์เดิม ดังนั้นการสอนจึงควรเป็นกระบวนการที่ดึงเอาความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียนออกมาเพื่อใช้ในการเชื่อมโยงกับความรู้และประสบการณ์

4) ทฤษฎีการสร้างความรู้ เน้นว่าบทบาทของครูเปลี่ยนแปลงจากการเป็นผู้ริเริ่มและผู้สั่งสอน มาเป็นผู้ช่วยให้นักเรียนสร้างความรู้ เป็นผู้แนะนำและเป็นที่ปรึกษาให้กับนักเรียน ซึ่งบทบาทดังกล่าวนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงแนวคิดการยึดครูเป็นศูนย์กลางมาสู่แนวคิดยึดนักเรียนเป็นศูนย์กลาง ภายใต้การกำกับดูแลของครูตลอดระยะเวลาของกระบวนการจัดการเรียนรู้

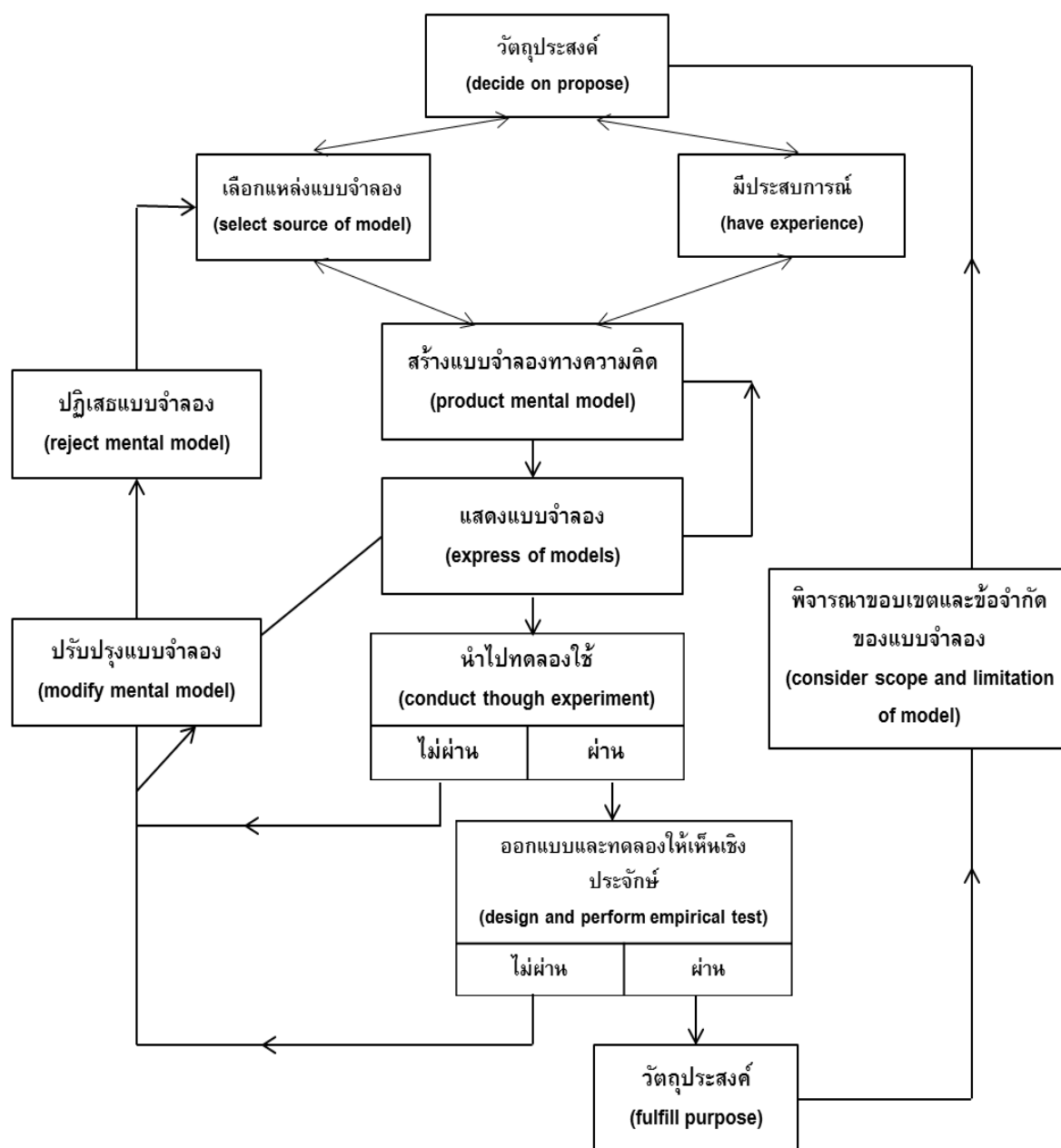
สรุปแล้ว ทฤษฎีการสร้างความรู้เป็นทฤษฎีที่เน้นให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยจากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ซึ่งการเปลี่ยนแปลงความรู้อาจเปลี่ยนแปลงได้ยาก หากต้องการที่จะเปลี่ยนแปลงความรู้หรือความคิดของนักเรียน จำเป็นต้องดึงเอาความรู้หรือความคิดเดิมของนักเรียนออกมาเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่ หรือประสบการณ์ใหม่ ทำให้เกิดเป็นองค์ความรู้ใหม่ที่มีลักษณะเป็นโครงสร้างทางปัญญา นอกจากนี้การมีปฏิสัมพันธ์กับโลกภายนอก สังคม วัฒนธรรม และการใช้ภาษา ก็ยังทำให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ได้ดีมากยิ่งขึ้น โดยทฤษฎีนี้เชื่อว่าครูจะเป็นเพียงผู้ให้คำแนะนำและที่ปรึกษาให้กับนักเรียนเท่านั้น

3. ขั้นตอนการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนได้สร้างและปรับปรุงแบบจำลองเพื่อทำความเข้าใจและอธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ศึกษา โดยมีนักการศึกษา

หลายท่านที่กล่าวถึงรอบแนวคิดและขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังรายละเอียดดังนี้

Justi & Gilbert (2002: 369–387) ได้กำหนดกรอบแนวคิดของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลองเพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งแสดงได้ดังภาพประกอบ 1



ภาพประกอบ 1 กรอบแนวคิดของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง (model and modeling)

ที่มา: Justi; & Gilbert (2002: 369–387)

Gobert; & Buckley (2000: 891–894) ได้อธิบายขั้นตอนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้เป็นลำดับดังนี้

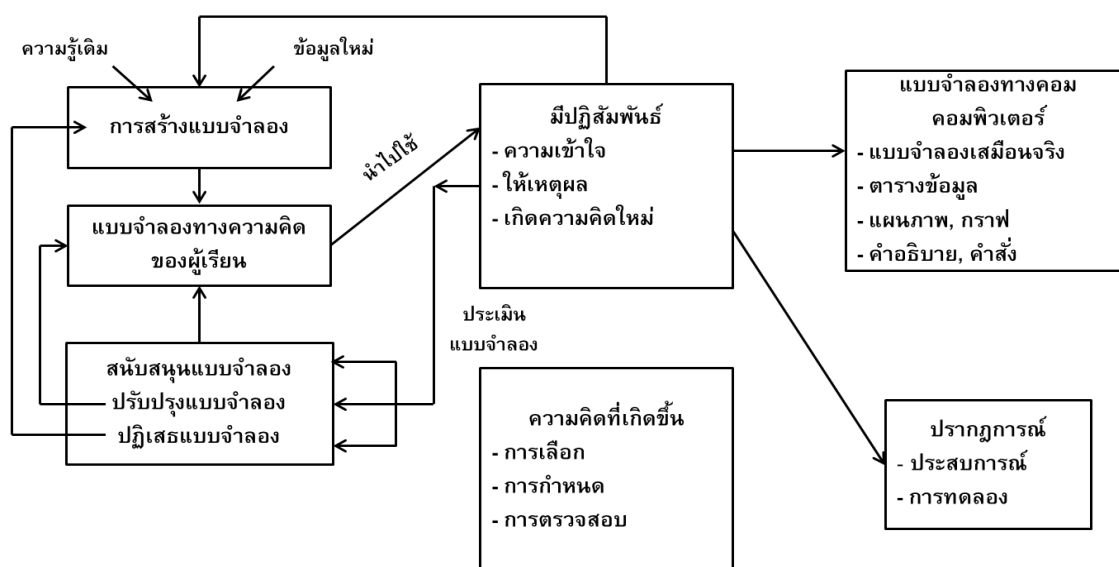
1) นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา และครูผู้สอนทำการประเมินเพื่อสรุปแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนจากเหตุผลที่นักเรียนใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

2) นักเรียนสร้างแบบจำลอง โดยนักเรียนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ เข้าด้วยกันทั้งข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่การทำงาน พฤติกรรม และสาเหตุการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์นั้น ๆ เขียนเป็นแผนผังแนวคิด (concept mapping) โดยเปรียบเทียบจากปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึง (analogous system) จากนั้นตรวจสอบข้อมูลแล้วจึงลงมือสร้างแบบจำลอง

3) นำแบบจำลองไปทดลองใช้และประเมิน ซึ่งอาจจะพบว่าแบบจำลองที่นักเรียนสร้างขึ้นถูกปฏิเสธเนื่องจากใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ไม่ดีพอ นักเรียนต้องกลับไปปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น

4) ขยายแบบจำลอง โดยนักเรียนอาจจะนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปร่วมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

Buckley; et al. (2004: 23–41) ได้ระบุขั้นตอนของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้เป็นวัฏจักร ดังภาพประกอบ 2



ภาพประกอบ 2 ขั้นตอนของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ที่มา Buckley; et al. (2004: 23–41)

ชัยยนต์ ศรีเชียงหา (2554) ได้เสนอขั้นตอนของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ในงานวิจัย ดังนี้

1) ขั้นสร้างแบบจำลองทางความคิด (produce mental model) ผู้สอนจัดกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยนักเรียนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์นั้น ๆ เข้าด้วยกัน จากนั้นทำการตรวจสอบข้อมูลแล้วจึงลงมือสร้างแบบจำลอง

2) ขั้นแสดงออกของแบบจำลอง (express model) นักเรียนแสดงออกแบบจำลองที่สร้างขึ้นในรูปแบบต่าง ๆ เช่น สิ่งที่เป็นรูปธรรม ภาษา คำพูด สัญลักษณ์ รูปภาพ เพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นได้รับรู้

3) ขั้นทดสอบแบบจำลอง (test model) นักเรียนนำแบบจำลองที่ผ่านการแสดงออกแล้วไปใช้เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

4) ขั้นประเมินแบบจำลอง (evaluate model) นักเรียนร่วมกันประเมินแบบจำลองหลังจากการทดสอบ ซึ่งอาจจะพบว่าแบบจำลองนั้นอาจถูกปฏิเสธเนื่องจากไม่สามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ นักเรียนต้องกลับไปสร้างแบบจำลองใหม่ หรือถ้าพบว่าสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้แต่ไม่ดีพอ นักเรียนต้องปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองเพื่อให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีขึ้น

5) ขั้นขยายแบบจำลอง (elaborate model) นักเรียนนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น

ฮามีตะ มุสอ (2555) ได้เสนอขั้นตอนของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้ในงานวิจัย ดังนี้

ขั้นที่ 1 ตอบสนองต่องานที่ได้รับ โดยครูกระตุ้นให้นักเรียนได้แสดงความรู้เดิมเกี่ยวกับแนวคิดเรื่องที่ศึกษาออกมา ซึ่งครูอาจจะใช้คำถามหรือใช้สถานการณ์ในการกระตุ้น

ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลองเริ่มต้น ครูสนับสนุนให้ผู้เรียนรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ที่เป็นความรู้เดิมและข้อมูลใหม่ที่ได้รับเข้าด้วยกัน จากนั้นตรวจสอบข้อมูลหรือกระทำข้อมูล แล้วลงมือสร้างแบบจำลองเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ขึ้นมา

ขั้นที่ 3 นำไปใช้และประเมิน ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา จากนั้นให้นักเรียนประเมินว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายแนวคิดที่เป็นปรากฏการณ์ที่ศึกษานั้นได้หรือไม่ หรือมีความสอดคล้องเหมาะสมเพียงใด ซึ่งในขั้นตอนนี้ครูจะต้องพยายามใช้คำถามที่ให้นักเรียนสามารถประเมินได้อย่างถูกต้องและเหมาะสม

ขั้นที่ 4 การปรับปรุง แก้ไขแบบจำลอง หลังจากประเมินแบบจำลองแล้วหากพบว่าแบบจำลองที่สร้างขึ้นดังกล่าวไม่สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดีพอ แบบจำลองนั้นจะถูกปฏิเสธ ดังนั้น นักเรียนจะต้องกลับไปสร้างแบบจำลองใหม่ในขั้นที่ 2 โดยต้องทำการตรวจสอบ

ข้อมูลใหม่และศึกษาข้อมูลอย่างละเอียดมากขึ้น แต่ถ้าแบบจำลองที่สร้างขึ้นนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้แต่ยังไม่ดีพอ อาจจะมีการปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองนั้นให้ดียิ่งขึ้น

ขั้นที่ 5 ขยายแบบจำลอง ผู้เรียนนำแบบจำลองไปสร้างเพิ่มเติม หรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่น เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น เพราะแนวคิดบางอย่างอาจจะใช้แบบจำลองเดียวอธิบายได้ไม่ดีพอ

จากที่กล่าวมาจะเห็นได้ว่านักการศึกษาและนักวิจัยได้กล่าวถึงกรอบแนวคิดและขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไว้อย่างหลากหลาย ดังนั้น ในการศึกษาครั้งนี้จะใช้ขั้นตอนการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ประกอบด้วย 5 ขั้นตอน ที่ปรับปรุงมาจาก ฮามีตะมุสอ (2555) ดังนี้

ขั้นที่ 1 การมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถาม การนำเข้าสู่บทเรียนด้วยเหตุการณ์หรือปรากฏการณ์ที่น่าสนใจสามารถพบเห็นในชีวิตประจำวัน โดยใช้บทความ วิดิทัศน์ ภาพเคลื่อนไหวหรือการสาธิต เพื่อให้นักเรียนเกิดความสงสัยและตั้งประเด็นคำถาม ซึ่งจะนำไปสู่การคิดสมมติฐานและการค้นหาคำตอบ

ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น ให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองรายบุคคล โดยจะต้องสร้างมาจากการรวมความรู้เดิมและความรู้ใหม่ที่ได้รับเข้าด้วยกัน แล้วลงมือสร้างแบบจำลองเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ขึ้นมา

ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ ให้นักเรียนทำงานเป็นกลุ่ม มีการแลกเปลี่ยนสมมติฐานที่เป็นแบบจำลองเบื้องต้นกับสมาชิกภายในกลุ่ม ร่วมกันวางแผนการสำรวจตรวจสอบจากปรากฏการณ์ โดยสร้างแบบจำลองที่นำเสนอแผนการศึกษาค้นคว้าหรือการปฏิบัติการทดลอง ดำเนินการสำรวจตรวจสอบ เก็บรวบรวมข้อมูลหลักฐาน รวมทั้งมีการร่วมกันวิเคราะห์และนำเสนอผลโดยสร้างแบบจำลองที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า

ขั้นที่ 4 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น ให้นักเรียนนำข้อมูลและหลักฐานที่ได้จากการตรวจสอบ ศึกษา ค้นคว้า มาพิจารณาเพื่อประเมินแบบจำลองเบื้องต้นที่เป็นตัวแทนของการคิดสมมติฐานและปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง

ขั้นที่ 5 การขยายแบบจำลอง ผู้เรียนนำแบบจำลองไปสร้างเพิ่มเติม หรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่น เพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้น หรือให้นักเรียนนำแบบจำลองไปใช้อธิบายทำนาย หรือแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ที่กำหนดขึ้นหรือปรากฏการณ์ที่มีความสัมพันธ์กันกับปรากฏการณ์ที่ได้ศึกษา

แนวคิดวิทยาศาสตร์

แนวคิดวิทยาศาสตร์ (scientific conception) เป็นแนวคิดสำคัญและจำเป็นสำหรับการดำรงชีวิตในโลกสมัยใหม่ ที่วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเข้ามามีบทบาทมากขึ้น ซึ่งแนวคิดวิทยาศาสตร์ช่วยให้บุคคลสามารถดำเนินชีวิตอย่างมีความสุขได้ในสังคมที่แวดล้อมไปด้วย

วิทยาศาสตร์หรือผลผลิตจากวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี และช่วยให้บุคคลสามารถปรับให้อยู่ได้ในสภาพแวดล้อมใหม่ที่เปลี่ยนแปลงไปจากเดิม หากคนไทยมีแนวคิดวิทยาศาสตร์และมีความรู้วิทยาศาสตร์พื้นฐานแล้ว จะช่วยให้สามารถเข้าไปมีส่วนร่วมในการตัดสินใจเกี่ยวกับนโยบายสาธารณะในด้านต่าง ๆ ของประเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ (คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ สำนักงานและกองทุนสนับสนุนการวิจัย. 2541)

แนวคิดวิทยาศาสตร์เป็นการคิดที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการทำงานวิทยาศาสตร์ซึ่งเกี่ยวข้องกับการสำรวจ สืบเสาะหาเรื่องราวธรรมชาติหรือจักรวาลโดยใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ ดังนั้นหากมีการใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ศึกษาเรื่องราวธรรมชาติหรือจักรวาล จึงเป็นการฝึกคิดวิทยาศาสตร์ไปด้วย (Schafersman. 1997) ในการบรรยายและอธิบายเหตุการณ์ธรรมชาติได้อย่างถูกต้องนั้นนักวิทยาศาสตร์ใช้ทักษะการคิดและแบบแผนการคิดสำคัญ 7 กลุ่ม ได้แก่ 1) การอธิบายหลักธรรมชาติที่ถูกต้อง 2) การระบุสาเหตุของปัญหาในลักษณะเชิงธรรมชาติ 3) การตั้งสมมติฐานและทฤษฎีอื่น 4) การทำนายโดยใช้ตรรกะ 5) การวางแผนและทดลองโดยมีการควบคุมตัวแปรเพื่อทดสอบสมมติฐาน 6) การรวบรวม จัดระเบียบ และวิเคราะห์ ข้อมูลที่ได้จากการทดลองและข้อมูลต่าง ที่มีความสัมพันธ์กัน 7) การลงข้อสรุปและประยุกต์ใช้ข้อสรุปอย่างมีเหตุผล (Lawson. 1995)

หลักการพื้นฐานของแนวคิดวิทยาศาสตร์ ซึ่งถือเป็นหลักสากลทางวิทยาศาสตร์มี 3 ประการ (Schafersman. 1997) ได้แก่

1) การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์ (empiricism) เป็นการใช้หลักฐานที่สามารถรับรู้ได้โดยตรง ด้วยประสาทสัมผัส เช่น มองเห็นได้ ได้ยิน รู้สึ ได้กลิ่น การใช้หลักฐานเชิงประจักษ์สามารถกระทำได้ด้วยตนเองหรือบุคคลอื่น จึงถือได้ว่าเป็นหลักฐานสำคัญประเภทเดียวที่นำไปสู่ข้อสรุปที่มีเหตุผล

2) การใช้เหตุผล (rationalism) การใช้เหตุผลเป็นทักษะที่ไม่ได้ติดตัวมาแต่กำเนิดหรือพัฒนาขึ้นได้เอง ต้องศึกษาและเรียนรู้ในระบบโรงเรียน อย่างไรก็ตาม การใช้เหตุผลอาจเรียนรู้นอกกรอบโรงเรียนได้จากการลองผิดลองถูก แต่มักจะเสียเวลา ไม่มีประสิทธิผล และบางครั้งไม่ประสบผลสำเร็จ

3) การมีเจตคติเชิงสงสัย (skepticism) เป็นการสร้างคำถามในความเชื่อและข้อสรุปของตนเองอยู่เสมอ จึงต้องใช้หลักฐานและเหตุผลตรวจสอบความเชื่อของตน บุคคลที่มี เจตคติเชิงสงสัยหรือเป็นคนช่างสงสัย จะไม่เชื่อหากไม่มีหลักฐานและเหตุผลที่เพียงพอ ไม่ยึดติดกับความเชื่อของตน เป็นคนใจกว้าง และยินดีเปลี่ยนความเชื่อเมื่อพบหลักฐานใหม่ที่เชื่อถือได้มากกว่า

1. ความหมายและองค์ประกอบของแนวคิดวิทยาศาสตร์

การศึกษาเกี่ยวกับความหมายและองค์ประกอบของแนวคิดวิทยาศาสตร์ จากเอกสาร ตำรา บทความ งานวิจัย และนักวิชาการต่าง ๆ พบว่า มีการใช้คำว่า แนวคิดวิทยาศาสตร์ (scientific conception) ในความหมายทำนองเดียวกันกับคำอื่น เช่น การคิดเชิงวิทยาศาสตร์ (scientific thinking) กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ วิธีการทางวิทยาศาสตร์ และการคิดเชิงเหตุผลทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีผู้ให้ความหมายของแนวคิดวิทยาศาสตร์ไว้ ดังนี้

คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525: 28-30) ได้ให้ความหมายของแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า แนวคิดวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งอันเกิดจากการสังเกต หรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นหลาย ๆ แบบ แล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้น นำมาประมวลเข้าด้วยกันให้เป็นข้อสรุปหรือคำจำกัดความของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง แนวคิดวิทยาศาสตร์มีทั้งระดับที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม มีความเชื่อมโยงต่อเนื่องกัน แนวคิดหนึ่ง ๆ อาจเกิดมาจากการนำเอาแนวคิดหลาย ๆ แนวคิดมาสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล แนวคิดวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นสากล แนวคิดวิทยาศาสตร์จะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหาในบทเรียนและมีความรู้ระดับที่สูงชัดเจนดีขึ้น

ปรีชา วงศ์ศิริ และคนอื่น ๆ (2525: 140-143) ได้ให้ความหมายของแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า แนวคิดวิทยาศาสตร์ หมายถึง เป็นความเข้าใจที่จะสรุปรวมลักษณะที่สำคัญ ๆ ของวัตถุหรือปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง และแต่ละคนอาจมีแนวคิดต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งแตกต่างกันได้ ขึ้นอยู่กับประสบการณ์และวุฒิภาวะของบุคคลนั้น ๆ

นันทิธา รัตน์พิทักษ์ (2556) ได้ให้ความหมายของแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า แนวคิดวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการคิดที่ใช้ในการแสวงหาความรู้ ในการแก้ไขปัญหาหรือหาคำตอบของปัญหา โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์เป็นฐานในการคิด เพื่อให้ได้ความรู้ หรือคำตอบที่ถูกต้องและน่าเชื่อถือมากที่สุด

Glynn; Yeany & Briton (1991) และ Schafersman (1997) ได้ให้ความหมายของแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า แนวคิดวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความชำนาญของนักวิทยาศาสตร์ ที่ใช้ในการระบุปัญหา ตรวจสอบสภาพแวดล้อม

Schafersman (1997) ได้ให้ความหมายของแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า แนวคิดวิทยาศาสตร์ หมายถึง เป็นความคิดที่นำไปสู่คำตอบที่ถูกต้อง และเชื่อถือได้ แนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกนำมาใช้ในการอธิบายถึงวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่ทำให้ได้ความรู้เกี่ยวกับโลกของธรรมชาติ ประกอบด้วย 1) การระบุปัญหา 2) การตั้งสมมติฐาน 3) การทดสอบสมมติฐาน และ 4) การวิเคราะห์ข้อมูลและสรุปผล

Dunbar (1999) ได้ให้ความหมายของแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า แนวคิดวิทยาศาสตร์ หมายถึง กระบวนการคิดที่ใช้ในทางวิทยาศาสตร์ประกอบด้วย 1) การเก็บรวบรวมข้อมูล 2) การออกแบบการทดลอง 3) การตรวจสอบสมมติฐาน และ 4) การตีความหมายข้อมูล

จากความหมายของแนวคิดวิทยาศาสตร์ข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า แนวคิดวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจที่เกิดจากการการสรุปลักษณะที่สำคัญของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง โดยใช้หลักฐานเชิงประจักษ์และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสรุปเพื่อให้ได้ความรู้หรือคำตอบที่น่าเชื่อถือมากที่สุด ซึ่งแนวคิดวิทยาศาสตร์จะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจเนื้อหาในบทเรียนและมีความรู้ระดับที่สูงชัดเจนดีขึ้น

2. บทบาทของครูในการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์

บทบาทของครูในการพัฒนานักเรียนให้มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ กล่าวไว้ในบทความนักเรียนประถมศึกษาพัฒนาแนวความคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ ด้วยวิธีเดียวกันกับนักวิทยาศาสตร์ ในคู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐานของสถาบันสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2546) มี 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การสำรวจความคิดเดิมของนักเรียน ครูช่วยให้นักเรียนแต่ละคนสามารถตั้งประสบการณ์และความรู้เดิมของตน เกี่ยวกับแนวคิดหลักนั้น ๆ ออกมาให้มากที่สุด โดยการให้เล่าเขียน หรือวาดภาพอย่างเสรี

ขั้นที่ 2 การขยายความคิดเดิมของนักเรียน ครูช่วยให้นักเรียนสามารถอธิบายเพิ่มเติม หรือให้ความกระจ่างเกี่ยวกับประสบการณ์และความรู้เดิมของตนเกี่ยวกับแนวคิดหลักนั้น ๆ ออกมาให้มากที่สุด อาจจะใช้คำถามเพื่อให้ได้คำตอบ

ขั้นที่ 3 การแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับกลุ่ม ครูช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้จากกลุ่ม (cooperative learning) โดยแลกเปลี่ยนประสบการณ์และความรู้เดิมของตนกับเพื่อน และครู

ขั้นที่ 4 การปรับความคิดของนักเรียนให้เป็นนักวิทยาศาสตร์ ครูช่วยให้นักเรียนเปลี่ยนแปลงเพิ่มเติม ปรับแต่ง ประสบการณ์และความรู้เดิมของตน จากการปฏิสัมพันธ์แลกเปลี่ยนความคิดกับเพื่อน ครู ซึ่งรวมถึงการตรวจสอบพิสูจน์ความคิดที่ขัดแย้ง หรือแตกต่างกัน ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองซึ่งเป็นกระบวนการทางวิทยาศาสตร์

จากข้อมูลดังกล่าว สรุปได้ว่า ครูมีบทบาทสำคัญอย่างยิ่งในการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เริ่มจากการสำรวจความคิดของนักเรียน ขยายความคิด ให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดกับกลุ่มและปรับความคิดของนักเรียนให้เป็นวิทยาศาสตร์

3. การวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์

จากการศึกษางานวิจัยเกี่ยวกับวิธีการหรือเครื่องมือที่ใช้ในการวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ พบว่า มีหลากหลายวิธีด้วยกัน ได้แก่ แบบทดสอบชนิดคำถามปลายเปิด ข้อสอบแบบเลือกตอบ พร้อมให้เหตุผลประกอบการเลือกตอบ และการสัมภาษณ์ โดยมีรายละเอียด ดังต่อไปนี้

3.1 แบบทดสอบชนิดคำถามปลายเปิด (open ended questions)

แบบทดสอบชนิดคำถามปลายเปิดหรือเรียกว่าแบบทดสอบอัตนัย (essay tests) เป็นแบบทดสอบที่เขียนคำถามโดยกำหนดเป็นสถานการณ์หรือปัญหาในรูปแบบใดรูปแบบหนึ่ง เพื่อใช้วัดความสามารถของนักเรียนในการสร้าง รวบรวม และเขียนแสดงแนวคิดนั้น โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตอบอย่างเป็นอิสระตามความคิดเห็นและความเข้าใจของตนเอง ข้อมูลที่ได้แสดงให้เห็นแนวคิดของผู้ตอบคำถามได้อย่างชัดเจน และประหยัดเวลาในการสร้างแบบทดสอบ แต่ต้องใช้เวลาในการเก็บรวบรวมข้อมูล และนอกจากนี้ในการตรวจให้คะแนนต้องใช้ความละเอียดรอบคอบในการตรวจ (ชวลิต ชูกำพENG. 2550 และ ภพ เลหาไพบุลย์. 2542)

3.2 ข้อสอบเลือกตอบแบบคำถาม 2 ชั้น (two-tier diagnostic test)

แบบทดสอบแบบเลือกตอบพร้อมให้เหตุผลประกอบการเลือกตอบเป็นเครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบแนวคิดของนักเรียนที่สามารถระบุได้ว่านักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนหรือไม่ อย่างไร โดยลักษณะของแบบทดสอบมี 2 ส่วน คือ ส่วนแรกเป็นข้อสอบแบบหลายตัวเลือก (ส่วนใหญ่มักมี 2-4 ตัวเลือก) และส่วนที่สองเป็นกลุ่มของเหตุผลต่าง ๆ สำหรับข้อคำถามในส่วนแรก ซึ่งคำตอบทั้งสองส่วนจะต้องมีทั้งคำตอบที่ถูกต้องและคำตอบที่แสดงแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียน เป็นเครื่องมือที่ใช้เก็บรวบรวมข้อมูลได้อย่างรวดเร็ว สามารถใช้ได้กับนักเรียนจำนวนมาก และสะดวกสำหรับครูในการตรวจคำตอบ (Bennett. 2005; & Treagust. 2006)

3.3 การสัมภาษณ์ (interview)

การสัมภาษณ์เป็นวิธีการตรวจสอบว่านักเรียนมีแนวคิดในเรื่องนั้น ๆ หรือไม่ อย่างไร โดยถามคำถามให้นักเรียนอธิบายโดยใช้ภาษาและความคิดของตนเอง โดยสัมภาษณ์เป็นกลุ่มหรือบุคคลก็ได้ ซึ่งวิธีการดังกล่าวจะทำให้ผู้สัมภาษณ์ได้ข้อมูลที่มีรายละเอียดมากกว่าวิธีอื่น ๆ แต่ค่อนข้างใช้เวลาในการสัมภาษณ์และเหมาะสมกับกลุ่มตัวอย่างที่มีจำนวนไม่มากจนเกินไป (นุชลี อุปนัย. 2551) วิธีการสัมภาษณ์เพื่อให้ทราบแนวคิดที่ถูกต้องและชัดเจนของนักเรียนนั้นควรใช้วิธีการที่เรียกว่า การสัมภาษณ์โดยใช้ตัวอย่าง และการสัมภาษณ์โดยใช้เหตุการณ์ วิธีดังกล่าวทำให้ผู้เรียนดูรูปภาพที่เกี่ยวข้องกับเหตุการณ์ สถานการณ์ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตจริง หลังจากนั้นถามคำถามเพื่อให้นักเรียนได้ใช้แนวคิดของตนเองในการอธิบายสิ่งที่เกิดขึ้น (Bennett. 2005)

แบบทดสอบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสำหรับการวิจัยในครั้งนี้เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบพร้อมให้เหตุผลประกอบการเลือกตอบ ซึ่งเป็นข้อสอบที่ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ ส่วนที่ 1 จะเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบที่มีคำถามและตัวเลือกจำนวน 4 ตัวเลือก และส่วนที่ 2 จะเป็นคำถามที่ต่อเนื่องกับการเลือกคำตอบจากส่วนแรก โดยเป็นการให้เหตุผลของการเลือก

คำตอบในส่วนแรก ซึ่งจะเป็นข้อสอบที่ชี้ให้เห็นว่านักเรียนมีความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์หรือไม่ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2555)

4. การจัดกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์

นักการศึกษาและนักวิทยาศาสตร์ศึกษาหลายท่านได้กำหนดแนวทางในการจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนไว้แตกต่างกัน สามารถสรุปได้เป็น 3 รูปแบบ คือ การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 4 กลุ่ม การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 5 กลุ่ม และการจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 6 กลุ่ม โดยมีรายละเอียดดังต่อไปนี้

4.1 การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 4 กลุ่ม มีแนวทางในการจัดกลุ่มแนวคิด ดังตาราง 1

ตาราง 1 การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 4 กลุ่ม

ระดับของแนวคิด	เกณฑ์ที่ใช้
1. แนวคิดถูกต้อง (sound understanding)	คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ทั้งหมด
2. แนวคิดถูกต้องบางส่วน (partial understanding)	คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์
3. แนวคิดคลาดเคลื่อน (limited understanding)	คำตอบบางคำตอบมีแนวคิดที่ถูกต้องและบางคำตอบมีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์
4. แนวคิดไม่ถูกต้อง (misunderstanding)	คำตอบที่แสดงถึงความไม่เข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์

ที่มา : Marek; et al. (1990: 825)

4.2 การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 5 กลุ่ม มีแนวทางในการจัดกลุ่มแนวคิด ดังตาราง 2

ตาราง 2 การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 5 กลุ่ม

ระดับของแนวคิด	เกณฑ์ที่ใช้
1. แนวคิดถูกต้อง(sound understanding หรือ complete understanding)	คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ทั้งหมด

ตาราง 2 (ต่อ)

ระดับของแนวคิด	เกณฑ์ที่ใช้
2. แนวคิดถูกต้องบางส่วน (partial understanding)	คำตอบทุกคำตอบสอดคล้องกับแนวคิด วิทยาศาสตร์แต่ยังไม่ครบถ้วน
3. แนวคิดถูกต้องบางส่วนกับแนวคิด คลาดเคลื่อน (partial understanding with specific misunderstanding)	คำตอบบางคำตอบสอดคล้องกับแนวคิด วิทยาศาสตร์และบางคำตอบไม่สอดคล้องกับ แนวคิดวิทยาศาสตร์
4. แนวคิดคลาดเคลื่อน (specific misunderstanding)	คำตอบทุกคำตอบไม่สอดคล้องกับแนวคิด วิทยาศาสตร์
5. ไม่มีแนวคิด (no understanding)	ไม่ตอบคำถาม หรือไม่อธิบายคำตอบ หรือตอบ ในลักษณะทวนคำถาม หรือตอบไม่ตรงประเด็น

ที่มา : Haidar (1997: 185) และ Westbrook; & Marek (1992: 54)

4.3 การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 6 กลุ่ม มีแนวทางในการจัดกลุ่มแนวคิด ดังตาราง 3

ตาราง 3 การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 6 กลุ่ม

ระดับของแนวคิด	เกณฑ์ที่ใช้
1. แนวคิดถูกต้อง (sound understanding หรือ complete understanding)	คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิด วิทยาศาสตร์ทั้งหมด
2. แนวคิดถูกต้องบางส่วน (partial understanding)	คำตอบทุกคำตอบสอดคล้องกับแนวคิด วิทยาศาสตร์แต่ยังไม่ครบถ้วน
3. แนวคิดถูกต้องบางส่วนกับแนวคิด คลาดเคลื่อน (partial understanding with specific misunderstanding)	คำตอบบางคำตอบสอดคล้องกับแนวคิด วิทยาศาสตร์และบางคำตอบไม่สอดคล้องกับ แนวคิดวิทยาศาสตร์
4. แนวคิดคลาดเคลื่อน (specific misunderstanding)	คำตอบทุกคำตอบไม่สอดคล้องกับแนวคิด วิทยาศาสตร์
5. ไม่มีแนวคิด (no understanding)	ไม่ตอบคำถาม หรือไม่อธิบายคำตอบ หรือตอบ ในลักษณะทวนคำถาม หรือตอบไม่ตรงประเด็น
6. ไม่มีคำตอบ (no response)	ไม่ตอบคำถาม หรือตอบว่าไม่ทราบ หรือตอบ ว่าไม่เข้าใจ

ที่มา : Abraham; et al. (1992: 112)

เนื่องจากการศึกษางานวิจัยทั้งในและต่างประเทศพบว่าส่วนใหญ่นักการศึกษาจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนออกเป็น 5 กลุ่ม ดังนั้นในการวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้เกณฑ์การจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนออกเป็น 5 กลุ่ม โดยมีการปรับเปลี่ยนคำศัพท์บางคำ ซึ่งสรุปว่าผู้วิจัยจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนออกเป็นแนวคิดถูกต้อง (sound understanding: SU) แนวคิดถูกต้องบางส่วน (partial understanding: PU) แนวคิดถูกต้องบางส่วนกับแนวคิดคลาดเคลื่อน (partial understanding with specific misunderstanding: PU/SM) แนวคิดคลาดเคลื่อน (specific misunderstanding: SU) และไม่มีแนวคิด (no understanding: NU)

แบบจำลอง

ในทางวิทยาศาสตร์นักวิทยาศาสตร์จะสร้างแบบจำลองขึ้นมาเพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาเพื่อสรุปเป็นแนวคิด หลักการ ทฤษฎี กฎ ซึ่งอาจกล่าวได้ว่าแบบจำลองเป็นสิ่งที่เชื่อมโยงระหว่างทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์กับความเป็นจริง (Gilbert; & Ireton. 2003) แบบจำลองมีความสำคัญต่อการศึกษาวิทยาศาสตร์โดยสามารถทำให้เข้าใจสิ่งต่าง ๆ และสามารถใช้อธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ศึกษาได้มากขึ้น การจัดการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนสามารถคิดได้อย่างนักวิทยาศาสตร์และมีความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์อย่างถ่องแท้ นั้น จำเป็นอย่างยิ่งที่ครูต้องจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนได้รู้จักการสร้างแบบจำลองและทำความเข้าใจเกี่ยวกับแบบจำลอง เป็นแนวทางที่นักวิทยาศาสตร์ใช้เพื่อพัฒนาองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์

1. ความหมายของแบบจำลอง

แบบจำลอง มีนักวิชาการ นักการศึกษา และหน่วยงานต่าง ๆ ได้ให้ความหมายไว้ดังนี้ สุวิทย์ คงภักดี (2553) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองไว้ว่า แบบจำลอง หมายถึง สิ่งที่ใช้แทนของจริง หรือแสดงองค์ประกอบของจริง เพื่อสะดวกในการศึกษา หรือทำนายปรากฏการณ์ที่เป็นเป้าหมาย

พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน (2554) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองไว้ว่า แบบจำลอง หมายถึง ถ่ายแบบ การจำลองจากของจริงหรือแทนของจริง เช่น ท้องฟ้าจำลอง

ฮามีตะ มูสอ (2555) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองไว้ว่า แบบจำลอง หมายถึง ระบบของวัตถุหรือสัญลักษณ์ที่ใช้เป็นตัวแทนระบบอื่น ๆ ที่เรียกว่า เป้าหมายซึ่งประกอบไปด้วยแบบจำลองความคิด วัตถุ เหตุการณ์ กระบวนการ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ

พรเทพ จันทราอุกฤษฎ์ (2556) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองไว้ว่า แบบจำลอง หมายถึง แนวคิดที่ช่วยในการอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติให้เห็นเป็นรูปธรรม

Hestenes (1987: 440–454) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองไว้ว่า แบบจำลอง หมายถึง สิ่งที่เป็นตัวแทนของโครงสร้างในระบบทางกายภาพ และ/หรือสมบัติของระบบทางกายภาพ

Gilbert; & Ireton. (2003) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองไว้ว่า แบบจำลอง หมายถึง ชุดของแนวคิดที่บรรยายกระบวนการธรรมชาติ และอธิบายหรือทำนายปรากฏการณ์ธรรมชาติ

Justi; & Gilbert (2003) ได้ให้ความหมายของแบบจำลองไว้ว่า แบบจำลอง หมายถึง สิ่งที่ใช้แทนแนวคิด เหตุการณ์ วัตถุ กระบวนการ และอื่น ๆ แบบจำลองสามารถใช้ใน จุดมุ่งหมายที่แตกต่างกันหลายอย่างเช่น เพื่อการสร้างสรรค์ เพื่อการทดสอบ เพื่อการทำนาย เพื่อสนับสนุน และเพื่อใช้แทนแนวคิด สุดท้ายแบบจำลองก็จะถูกยอมรับและเชื่อถือจากคนบางคน ที่เป็นกลุ่มของนักวิทยาศาสตร์

จากความหมายของแบบจำลองข้างต้น สามารถสรุปได้ว่า แบบจำลอง หมายถึง สิ่งที่ใช้ แทนของจริงหรือเป็นตัวแทนระบบอื่น ๆ ที่เป็นเป้าหมาย ซึ่งประกอบไปด้วยแบบจำลองความคิด วัตถุ เหตุการณ์ กระบวนการ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ เพื่อที่จะอธิบายถึงปรากฏการณ์ทาง ธรรมชาติต่าง ๆ ให้เห็นเป็นรูปธรรมมากยิ่งขึ้น

2. ประเภทของแบบจำลอง

ประเภทของแบบจำลองสามารถแบ่งได้หลากหลาย ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ในการแบ่ง ดังนี้

2.1 ประเภทของแบบจำลองแบ่งตามเกณฑ์การกำหนดโครงสร้างให้มีความหมายตาม ขอบเขตขององค์ความรู้ (ontological status) แบ่งได้เป็น 5 ประเภท (Gilbert. 2005) ได้แก่

1) แบบจำลองทางความคิด (mental model) คือ แบบจำลองเฉพาะของแต่ละบุคคล ที่อาจจะสร้างโดยตัวบุคคลเองหรือสร้างร่วมกันเป็นกลุ่ม

2) แบบจำลองที่แสดงออก (expressed model) คือ แบบจำลองทางความคิดที่ถูก นำเสนอหรือแสดงออกให้ผู้อื่นได้รับรู้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น คำพูด ภาพวาด ท่าทาง

3) แบบจำลองมติของกลุ่ม (consensus model) คือ แบบจำลองที่ได้รับการยอมรับ ภายในกลุ่ม ซึ่งแบบจำลองของแต่ละกลุ่มอาจจะแตกต่างกันขึ้นอยู่กับ การทดลอง ประสบการณ์ และการอภิปรายของแต่ละกลุ่ม

4) แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (scientific model) คือ แบบจำลองที่ได้รับการ ทดสอบอย่างเป็นทางการ มีการเผยแพร่ในวารสารต่าง ๆ และได้รับการยอมรับจากประชาคม วิทยาศาสตร์

5) แบบจำลองทางประวัติศาสตร์ (historical model) คือ แบบจำลองที่เคยได้รับการ ยอมรับว่าเป็นแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในอดีต

2.2 ประเภทของแบบจำลองแบ่งตามเกณฑ์ของการเป็นตัวแทนในการแสดงออก แบ่ง ได้เป็น 5 ประเภท (Gilbert. 2005) ได้แก่

1) แบบจำลองเชิงรูปธรรม (concrete model) เป็นแบบจำลองของวัตถุ 3 มิติ เป็นตัวแทนในการอธิบาย เช่น ใช้แบบจำลองโลหะเพื่ออธิบายเครื่องยนต์ทางรถไฟ หรือใช้พลาสติกเป็นตัวแทนของโมเลกุล

2) แบบจำลองเชิงคำพูด (verbal model) เป็นแบบจำลองคำพูดหรือภาษาในการบรรยาย อธิบาย เล่นเรื่อง เปรียบเทียบหรืออุปมาอุปไมยปรากฏการณ์ต่าง ๆ ตัวอย่างเช่น คำพูดที่ว่า “หัวใจเปรียบเสมือนเครื่องปั๊ม”

3) แบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ (mathematical model) เป็นแบบจำลองที่เป็นสัญลักษณ์ สูตร หรือสมการ แสดงความสัมพันธ์เชิงปริมาณ เช่น สมการของไอน์สไตน์แสดงความสัมพันธ์ของพลังงานและมวลต่อความเร็วในการเคลื่อนที่ของวัตถุ เขียนเป็นแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ได้เป็น $E = mc^2$

4) แบบจำลองเชิงรูปภาพ (visual or diagrammatic model) เป็นแบบจำลองที่มองเห็นได้ในลักษณะ 2 มิติที่อยู่ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น กราฟ แผนผัง แผนภาพ ผังความคิด รูปภาพ ภาพเคลื่อนไหว

5) แบบจำลองเชิงลักษณะท่าทาง (gestural model) เป็นแบบจำลองที่ใช้การเคลื่อนไหวส่วนต่าง ๆ ของร่างกายเพื่อจำลองถึงสถานการณ์ต่าง ๆ เช่น การเคลื่อนที่ของผู้เรียนรอบเพื่อน เพื่อจำลองการเคลื่อนที่ของดาวเคราะห์ในระบบสุริยะ

3. ลักษณะและข้อจำกัดของแบบจำลอง

ถึงแม้ว่าแบบจำลองจะแบ่งออกเป็นหลายประเภทดังกล่าวข้างต้น แต่อย่างไรก็ตามแบบจำลองเหล่านี้ก็ยังมีลักษณะและข้อจำกัด ดังนี้ (Gilbert; & Ireton. 2003)

1) ไม่เป็นของจริง (artificial) เพราะแบบจำลองทุกชนิดเป็นสิ่งที่มนุษย์สร้างขึ้น (ไม่ได้เกิดขึ้นเองตามธรรมชาติ) เพื่อให้เป็นตัวแทนของสิ่งอื่น ๆ ซึ่งคำว่า “ไม่เป็นของจริง” ในที่นี้ไม่ได้หมายความว่า “เป็นของปลอม”

2) คำนึงถึงประโยชน์เป็นหลัก (utilitarian) โดยแบบจำลองถูกสร้างขึ้นเพื่อวัตถุประสงค์บางอย่าง กล่าวคือ มักจะใช้เป็นตัวแทนบางส่วนของเป้าหมายแทนที่จะใช้เป็นตัวแทนเป้าหมายทั้งหมด เช่น แบบจำลองของโลกจะให้ประโยชน์เพื่ออธิบายลักษณะทางภูมิศาสตร์แต่จะไม่ใช้เพื่อศึกษากระบวนการทางธรณีวิทยา

3) ง่าย (simplified) โดยแบบจำลองที่ถูกสร้างขึ้นจะต้องมีกระบวนการสร้างแบบง่าย ๆ ไม่ซับซ้อน และมีข้อมูลหรือรายละเอียดน้อยกว่าเป้าหมาย

4) ต้องตีความหมาย (interpreted) โดยแบบจำลองทุกชนิดจะต้องตีความหมายเพื่อทำความเข้าใจในสิ่งที่เป้าหมาย การตีความหมายของแบบจำลองจะยากง่ายไม่เท่ากัน ขึ้นอยู่กับประเภทของแบบจำลอง เช่น scale model จะถูกตีความได้ง่ายกว่าแบบจำลองที่เป็นภาพหรือแผนผัง เช่น แผนที่ทางหลวง ผังเมือง

5) มีความไม่สมบูรณ์ (imperfect) โดยแบบจำลองทุกชนิดจะไม่มี ความสมบูรณ์ในการเป็นตัวแทนของเป้าหมาย เนื่องจากมีเฉพาะเป้าหมายเท่านั้นที่ถือว่าสมบูรณ์แบบที่สุด

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนั้นจะเน้นให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองขึ้นมา เพื่ออธิบายถึงแนวคิดและความเข้าใจของตนเองทั้งก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้

ความคงทนของความรู้

ความคงทนของความรู้ถือได้ว่ามีความสำคัญมากสำหรับการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ เนื่องจากวิทยาศาสตร์ต้องใช้ความรู้เดิมมาสร้างหรือต่อยอดความรู้จากเดิมไปสู่ความรู้ใหม่ที่มีความยากมากยิ่งขึ้น แล้วสามารถนำเอาความรู้นั้นไปใช้แก้ปัญหาในชีวิตประจำวันได้เป็นอย่างดี จากความสำคัญดังกล่าวผู้วิจัยจึงได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคงทนของความรู้ไว้ดังนี้

1. ความหมายของความคงทนของความรู้

มีนักการศึกษา และนักวิจัยหลายท่านได้ให้ความหมายของความคงทนของความรู้ไว้ดังนี้

อรรถพล คำภู (2543) ได้ให้ความหมายของความคงทนของความรู้ไว้ว่า ความคงทนของความรู้ หมายถึง การที่ร่างกายสามารถที่จะแสดงอาการหรือพฤติกรรมที่เคยเรียนมาแล้ว หรือมีประสบการณ์รับรู้มาแล้วหลังจากที่ทอดทิ้งไว้ชั่วระยะเวลาหนึ่งโดยไม่มีการการทำอาการนั้นออกมาเลยในช่วงเวลาที่ทิ้งไป

สุกัญญา เทียนพิทักษ์กุล (2543) ได้ให้ความหมายของความคงทนของความรู้ไว้ว่า ความคงทนของความรู้ หมายถึง ความสามารถในการจำ และระลึกได้ต่อประสบการณ์ที่รับรู้มาแล้ว หลังจากได้ทิ้งระยะเวลาไว้ชั่วระยะหนึ่ง

เกษมศรี ภัทรภุริสกุล (2544) ได้ให้ความหมายของความคงทนของความรู้ไว้ว่า ความคงทนของความรู้ หมายถึง ความสามารถในการสะสม ระลึกถึงเนื้อหาหรือสิ่งต่าง ๆ ที่นักเรียนได้รับรู้หรือได้รับประสบการณ์มาก่อนในระยะเวลาที่ทิ้งช่วงห่างกันออกไประยะหนึ่ง

รักษ์สิริ แพงป้อง (2554) ได้ให้ความหมายของความคงทนของความรู้ไว้ว่า ความคงทนของความรู้ หมายถึง ความสามารถที่จะระลึกได้ต่อสิ่งเร้าที่เคยเรียนหรือเคยที่มีประสบการณ์รับรู้มาแล้ว หลังจากที่ได้ทิ้งเวลาไว้ชั่วระยะหนึ่ง

Adams (1967) ได้ให้ความหมายของความคงทนของความรู้ไว้ว่า ความคงทนของความรู้ หมายถึง การคงไว้ซึ่งผลการเรียนหรือความสามารถที่จะระลึกได้ต่อสิ่งเร้าที่เคยเรียนหรือเคยมีประสบการณ์รับรู้มาแล้วหลังจากทอดทิ้งไว้ชั่วระยะเวลาหนึ่ง

ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า ความคงทนของความรู้ หมายถึง ความสามารถในการเก็บรักษา จดจำ และระลึกได้ต่อสิ่งที่เป็นประสบการณ์ที่เคยรับรู้หรือเรียนรู้อแล้วหลังจากได้ทิ้งระยะเวลาไว้ช่วงหนึ่ง

2. การวัดความคงทนของความรู้

หลังจากที่ผู้เรียนได้เรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ไปแล้วนั้น ผู้เรียนจะยังสามารถคงไว้ซึ่งผลการเรียนรู้หรือหรือไม่นั้น ได้มีนักการศึกษากล่าวถึงวิธีการวัดความคงทนของความรู้ ดังนี้

ชม ภูมิภาค (2524) ได้กล่าวถึง ความจำของมนุษย์จะไม่คงที่ตลอดเวลาและเปลี่ยนแปลงอยู่เสมอ ในการวัดดูว่าเมื่อเรียนไปแล้วและหยุดไประยะหนึ่งโดยไม่มีการปฏิบัติอะไรนั้นจะมีความคงทนของความรู้มากน้อยเพียงใด มีวิธีการวัดอยู่ 3 วิธี คือ

1) วิธีแห่งการระลึกได้ (the recall method) คือ การเปรียบเทียบผลระหว่างทดสอบติดตามหลังการเรียนเสร็จสิ้นทันที กับการเว้นระยะพักไปแล้วทดสอบ

2) วิธีแห่งการรู้จัก (the recognition method) ใช้วิธีการให้เลือกเอาสิ่งที่เคยเรียนมาแล้วออกมาจากสิ่งอื่น ๆ ที่ปนอยู่ ซึ่งมีลักษณะคล้าย ๆ กันมาก

3) การเรียนใหม่ (relearning method) เปรียบเทียบการเรียนอันเดิมกับการเรียนอันใหม่ว่าถ้าเรียนให้ได้ระดับเดิมจะใช้เวลาเท่าใด

กมลรัตน์ หล้าสุวงษ์ (2528) ได้กล่าวถึงการวัดความคงทนของความรู้ว่าเมื่อผู้เรียนได้เรียนรู้แล้วจะมีการคงไว้ซึ่งผลการเรียนรู้ หรือสามารถระลึกได้ต่อสิ่งที่เคยได้เรียนหรือมีประสบการณ์รับรู้มาแล้ว โดยจะทิ้งไว้สักระยะหนึ่งแล้วจึงทำการวัดจึงเรียกว่า การวัดความคงทนของความรู้หรือการทดสอบความจำ ซึ่งมีวิธีการวัดอยู่ 3 วิธี คือ

1) การจำได้ การระลึก (recall) หมายถึง การนึกถึงสิ่งที่เคยผ่านการเรียนรู้มาก่อน หรือนึกถึงสิ่งที่เคยประสบมาก่อน โดยสิ่งนั้นไม่ได้อยู่ในระหว่างการเข้ารหัสของข้อมูลโดยผ่านประสาทสัมผัสจากตา หู จมูก ลิ้น ในขณะนั้น แต่เป็นการรื้อฟื้นเหตุการณ์จากความจำนั่นเอง เป็นต้นว่า ในการเรียนรู้สิ่งใดสิ่งหนึ่งเมื่อเรียนรู้ได้แล้วสักพักระยะหนึ่ง กลับมานึกดูว่าสิ่งที่เคยเรียนรู้นั้นมีอะไรบ้าง

2) การจำแบบรู้จัก (recognition) หมายถึง การรู้สึกรู้ว่าเคยประสบสิ่งใดสิ่งหนึ่งมาก่อน เมื่อประสบสิ่งนั้นเป็นครั้งที่ 2

3) การเรียนซ้ำ (relearning) หมายถึง การที่สามารถเรียนรู้สิ่งที่เคยเรียนรู้อีกจนได้รวดเร็วขึ้นกว่าเดิมการระลึก ซึ่งเป็นวิธีหนึ่งใช้ทดสอบความจำสามารถแบ่งออกตามลักษณะของสถานการณ์ที่ระลึก 3 แบบ คือ ระลึกเสรี (free recall) การระลึกตามลำดับ (serial recall) และการระลึกตามตัวแนะ (cued recall)

3. ระยะเวลาในการวัดความคงทนของความรู้

มีนักการศึกษาและนักวิจัยหลายท่านได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับช่วงเวลาในการทดสอบความคงทนของความรู้ไว้ ดังนี้

ชัยพร วิชชาวุธ (2525) ระยะเวลาเป็นสิ่งที่มีความสัมพันธ์กับความคงทนในการจำ ฉะนั้นการที่เราจะช่วยเสริมความจำ หรือทดสอบว่าหลังจากที่ผู้เรียนได้เรียนรู้เรื่องใดเรื่องหนึ่งไปแล้วนั้น ผู้เรียนจะยังสามารถคงความจำในการเรียนรู้ไว้นานเท่าใด ดังนั้นการวัดความคงทนของความรู้จึงต้องมีระยะเวลาที่เหมาะสม การศึกษาทบทวนสิ่งที่จำเป็นอยู่แล้วซ้ำอีกจะช่วยให้ความจำถาวรมากยิ่งขึ้นและถ้าได้ทบทวนอยู่เสมอแล้ว ช่วงเวลาที่ความจำระยะสั้นจะฝังตัวกลายเป็นความจำระยะยาวหรือความคงทนของความรู้ประมาณ 14 วัน หลังจากที่ได้ผ่านการเรียนรู้ไปแล้ว

ยุพิน จันทรศรี (2546) มีความเห็นว่าการทดสอบความคงทนของความรู้ ควรเว้นระยะเวลาห่างจากการทดสอบครั้งแรกประมาณ 1 วัน เพราะเป็นช่วงระยะเวลาที่ความจำระยะสั้นจะฝังตัวกลายเป็นความจำระยะยาวหรือความคงทนของความรู้

ทิพรัตน์ สัตระ (2549) การทดสอบวัดความคงทนของความรู้จะต้องมีการทดสอบที่ใช้ข้อสอบฉบับเดียวกัน โดยมีการเว้นระยะครั้งแรกกับครั้งที่สอง ประมาณ 2 สัปดาห์ เป็นอย่างต่ำ เพราะช่วงนี้เป็นการฝังตัวของความจำระยะสั้นเป็นระยะยาวหรือความคงทนของความรู้นั่นเอง

จากนักการศึกษาหลายท่านได้ทำการศึกษาระยะเวลาในการวัดความคงทนของความรู้ที่ได้กล่าวมาข้างต้น พบว่า ระยะเวลาในการวัดความคงทนของความรู้อยู่ระหว่าง 1 วัน ถึง 14 วัน แต่จากงานวิจัยของ Campbell; Zhang; & Neilson (2011: 258–269) ได้ศึกษาระยะเวลาในการวัดความคงทนของความรู้วิชาฟิสิกส์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษา พบว่า ในระยะเวลา 4 สัปดาห์ นักเรียนยังคงมีความคงทนของความรู้ ดังนั้นในงานวิจัยในครั้งนี้จะใช้ระยะเวลาในการวัดความคงทนในการเรียนรู้หลังจากที่นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านไป 4 สัปดาห์

4. เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับความคงทนในการเรียนรู้

สุชาติ พ่อไชยราช (2558) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 36 คน เก็บข้อมูลโดยให้นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน หลังเรียน และหลังเรียนผ่านไปแล้ว 2 สัปดาห์ พบว่า นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05 และมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนทั้ง 2 ครั้งไม่แตกต่างกันที่ระดับ 0.05 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีความคงทนของความรู้ด้านผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สุภาพร พรไตร (2558: 175–187) ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการเรียนรู้ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เรื่อง วัฏจักรเซลล์และไมโทซิส

ซึ่งนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 36 คน เก็บข้อมูลโดยให้นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาทำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ก่อนเรียน หลังเรียน และหลังเรียนผ่านไป 15 วัน พบว่านักเรียนคะแนนหลังเรียนและหลังเรียนผ่านไป 15 วันไม่แตกต่างกัน ($p=0.05$) จึงสรุปได้ว่านักเรียนมีความคงทนในการเรียนรู้

เอกสารงานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งภายในและต่างประเทศ

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องทั้งในและต่างประเทศเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สามารถสรุปได้ ดังนี้

พรเทพ จันทราอุกฤษฏ์ (2556) ศึกษาการพัฒนา รูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้การบูรณาการรูปแบบการสืบเสาะแบบโต้แย้งร่วมกับการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อเสริมสร้างสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น โดยได้นำไปใช้กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 2 โรงเรียน ในแต่ละโรงเรียนแบ่งนักเรียนเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่กลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยรูปแบบการเรียนการสอนที่พัฒนาขึ้นมีคะแนนเฉลี่ยสมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์ ร้อยละ 60.23 มีคะแนนเฉลี่ยความมีเหตุผลสูงกว่าก่อนเรียนและสูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ 0.05

รวีวรรณ เมืองรามัญ และ ศศิเทพ ปิติพรเทพิน (2556: 38–45) ศึกษาการส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่องโลกของเราของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 47 คน ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และสำรวจความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ 1) แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องโลกของเราที่เน้นการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 5 แผน 2) วัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ซึ่งเป็นคำถามปลายเปิด จำนวน 3 ข้อ บันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน และ 3) แบบบันทึกการสัมภาษณ์อย่างไม่เป็นทางการ พบว่า นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์และมีแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์บางส่วนเพิ่มมากขึ้นกว่าก่อนเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และหลังเรียนไม่มีนักเรียนคนใดที่ไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ ส่วนความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า การลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง การสื่อสารข้อมูลทางวิทยาศาสตร์ และการทำงานร่วมกันเป็นกลุ่ม เป็นปัจจัยที่ส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง โลกของเรา ของนักเรียนได้

ละมัย โชคชัย เอกรัตน์ ทานาค และ พรพรรณภา ศักดิ์สูง (2557: 26–33) ศึกษาการพัฒนาแนวคิดของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 1 จำนวน 25 คน ของโรงเรียนแห่งหนึ่งในจังหวัดนครนายก ในเรื่องเซลล์ ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยคือแบบวัดแนวคิดเรื่อง เซลล์ ซึ่งเป็นแบบวัดแนวคิดแบบเลือกตอบพร้อมแสดงเหตุผลประกอบ จำนวน 15 ข้อ ที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น โดยวิเคราะห์ข้อมูลโดยจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนออกเป็น 5 กลุ่ม คือ 1) แนวคิดวิทยาศาสตร์ (science understanding: SU) 2) แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (partial understanding: PU) 3) แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อน

(partial understanding with misunderstanding: PU&MU) 4) แนวคิดวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (misunderstanding: MU) และ 5) ไม่มีแนวคิด (no understanding: NU) จากนั้นคำนวณค่าร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิด พบว่า หลังจากการจัดการเรียนรู้ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (science understanding) ร้อยละ 62.00 รองลงมา มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (partial understanding) ร้อยละ 20.00 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์คลาดเคลื่อน (misunderstanding) ร้อยละ 11.00 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนและแนวคิดคลาดเคลื่อน (partial understanding with misunderstanding) ร้อยละ 7.00 และไม่มีแนวคิด (no understanding) ร้อยละ 0.00 โดยเนื้อหาที่นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ถูกต้องมากที่สุดคือ เซลล์ หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต และเนื้อหาที่นักเรียนมีความคลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ เซลล์พืชและเซลล์สัตว์

ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ ชาตรี ฝ่ายคำตา และ พจนารถ สุวรรณรจิ (2558: 97–124) ศึกษาผลกระทบการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่สามารถส่งเสริมแบบจำลองทางความคิดเรื่องโครงสร้างอะตอมและความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 26 คน ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดกลางแห่งหนึ่งทางภาคใต้ โดยใช้แบบวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่องโครงสร้างอะตอม แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองอนุทินสะท้อนความคิดของนักเรียนบันทึกหลังการสอน พบว่า นักเรียนได้เรียนรู้จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องและสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์และมีความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของแบบจำลองอยู่ในกลุ่มที่สอดคล้องกับแนวคิดที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับเพิ่มขึ้นในทุกประเด็นที่ศึกษา

Campbell; Zhang; & Neilson (2011: 258–269) ศึกษาเปรียบเทียบระหว่างการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและการจัดการเรียนรู้โดยใช้การบรรยายในการเรียนการสอนรายวิชาฟิสิกส์ เรื่อง พุน้ำลอยน้ำ การวัดและประเมินผลการเรียนรู้ของนักเรียนทั้ง 2 กลุ่ม คือกลุ่มนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 28 คน และกลุ่มนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้การบรรยาย จำนวน 26 คน จะใช้แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่ผู้วิจัยได้สร้างขึ้น ซึ่งสามารถประเมินได้ว่านักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ มีความเข้าใจในเนื้อหา ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ โดยจะนำแบบทดสอบดังกล่าวไปทดสอบก่อนเรียน หลังเรียน และใช้วัดความคงทนของความรู้ของนักเรียน พบว่า 1) นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีความเข้าใจในเนื้อหาหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ($p>0.05$) แต่มีระดับความเข้าใจในเนื้อหาไม่แตกต่างกันระหว่าง 2 กลุ่ม 2) นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีความคงทนของความรู้ในเรื่องการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้นหลังจากได้รับการจัดการเรียนรู้ไปแล้ว 4 สัปดาห์ 3) นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีธรรมชาติของวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ($p>0.05$) และ 4) นักเรียนทั้งสองกลุ่มมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ($p>0.05$)



บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามลำดับ ดังนี้

1. กลุ่มศึกษาที่ใช้ในการวิจัย
2. ตัวแปรในการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างเครื่องมือในการวิจัย
5. การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล

กลุ่มศึกษาที่ใช้ในการวิจัย

กลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนในระดับช่วงชั้นที่ 4 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในเขตป้อมปราบศัตรูพ่าย กรุงเทพมหานคร จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 43 คน ซึ่งได้จากการชักตัวอย่างแบบเจาะจง (purposive sampling)

ตัวแปรในการวิจัย

ตัวแปรในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. ตัวแปรอิสระ (independent variable) ได้แก่ กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
2. ตัวแปรตาม (dependent variable) ได้แก่
 - 2.1 มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้องในรายวิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
 - 2.2 ความคงทนของความรู้ในรายวิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านไปแล้ว 4 สัปดาห์

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. แผนการสอน จำนวน 3 แผน ได้แก่ เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เซลล์ประสาท และหน้าที่ของเซลล์ประสาท และฮอโมนเพศ ที่ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2. แบบทดสอบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ จำนวนทั้งหมด 30 ข้อ แบ่งเป็นชุดละ 10 ข้อ จำนวน 3 ชุด ได้แก่ เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เซลล์ประสาทและหน้าที่ของเซลล์ประสาท และฮอร์โมนเพศ ซึ่งเป็นข้อสอบแบบเลือกตอบ จำนวน 4 ตัวเลือก พร้อมให้เหตุผลประกอบการเลือกตอบ (two-tier multiple-choice question test)

3. แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การสร้างเครื่องมือในการวิจัย

1. การสร้างแผนการสอน เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท และฮอร์โมนเพศ ที่ใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1.1 ศึกษารายละเอียดจากเนื้อหา ตำรา แผนการสอนที่ผ่านมา คู่มือ แบบเรียนต่าง ๆ แผนการสอนโดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

1.2 กำหนดจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม กิจกรรมการเรียนการสอน และสื่อการสอนว่าครอบคลุมเนื้อหาหรือไม่

1.3 สร้างแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท และฮอร์โมนเพศ ทั้งหมด 3 แผน แบ่งเป็นแผนละ 4 คาบ รวมทั้งหมด 12 คาบ คาบละ 50 นาที ประกอบด้วย เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต จำนวน 1 แผน เรื่อง ระบบประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท จำนวน 1 แผน และเรื่อง ฮอร์โมนเพศ จำนวน 1 แผน

1.4 นำแผนการสอนทั้งหมดไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน พิจารณาตรวจสอบความถูกต้องของภาษาในส่วนขององค์ประกอบของแผนโดยรวม และตรวจสอบความสอดคล้องของกิจกรรมต่อจุดประสงค์การจัดการเรียนรู้ (IOC) ในส่วนของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องดังนี้ +1 หมายถึง แน่ใจว่าสอดคล้อง 0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าสอดคล้อง -1 หมายถึง แน่ใจว่าไม่สอดคล้อง

1.5 นำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไข

1.6 นำมาวิเคราะห์หาค่าดัชนีความสอดคล้องของกิจกรรมต่อจุดประสงค์การจัดการเรียนรู้ (IOC)

2. การสร้างแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เซลล์ประสาทประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท และฮอร์โมนเพศ มีขั้นตอนดังนี้

2.1 ศึกษาและวิเคราะห์เนื้อหาของหลักสูตร โดยพิจารณาจาก มาตรฐานรายวิชา จุดประสงค์รายวิชา คำอธิบายรายวิชา สารการเรียนรู้ การวัดและประเมินผลลงมือสร้างแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้ครอบคลุมเนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้

2.2 สร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบ เพื่อสร้างแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นข้อสอบเลือกตอบ จำนวน 4 ตัวเลือก พร้อมให้เหตุผลประกอบการเลือกตอบ จำนวน 45 ข้อ

2.3 นำแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ตรวจสอบความสอดคล้องของเนื้อหาต่อจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC)

2.4 นำข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญมาปรับปรุงแก้ไข พร้อมทั้งคัดเลือกแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ให้เหลือ 30 ข้อ

2.5 นำแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษาจริง จำนวน 43 คน

2.6 นำผลคะแนนที่ได้มาวิเคราะห์ค่าความยาก-ง่าย (p) และค่าอำนาจการจำแนก (r)

2.7 แล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (reliability) โดยใช้วิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach (Cronbach's alpha method)

3. สร้างแบบทดสอบวัดความคงทนของความรู้ ซึ่งเป็นชุดเดียวกับแบบทดสอบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท และฮอร์โมนเพศ โดยได้นำมาสลับข้อคำถามและตัวเลือกใหม่

4. สร้างแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 10 ข้อ จากนั้นนำแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่าน ตรวจสอบความถูกต้องของภาษา

การดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

การทดลองครั้งนี้ดำเนินการทดลองกับกลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มเดียว จำนวนนักเรียน 43 คน มีลำดับขั้นตอนดังนี้

1. การวิจัยในครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการแบบ one-group pretest-posttest design ดังแสดงในตาราง ดังนี้

กลุ่มที่ศึกษา	สอบก่อนเรียน	ตัวแปรอิสระ	สอบหลังเรียน
E	T ₁	X	T ₂

ความหมายแทนสัญลักษณ์

E แทน กลุ่มที่ศึกษา

T₁ แทน สอบก่อนที่จะจัดกระทำทดลอง (pretest)

T₂ แทน สอบหลังการทดลอง (posttest)

X แทน การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2. ทดสอบก่อนเรียน (pretest) โดยใช้แบบทดสอบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

3. ดำเนินการทดลองตามแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต ซึ่งใช้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานกับกลุ่มที่ศึกษาและระยะเวลาในการทดลอง จำนวน 4 คาบ คาบละ 50 นาที

4. ทดสอบหลังเรียน (posttest) โดยใช้แบบทดสอบชุดเดียวกันกับการทดสอบก่อนเรียน หลังจากจบการจัดการเรียนรู้ตามแผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

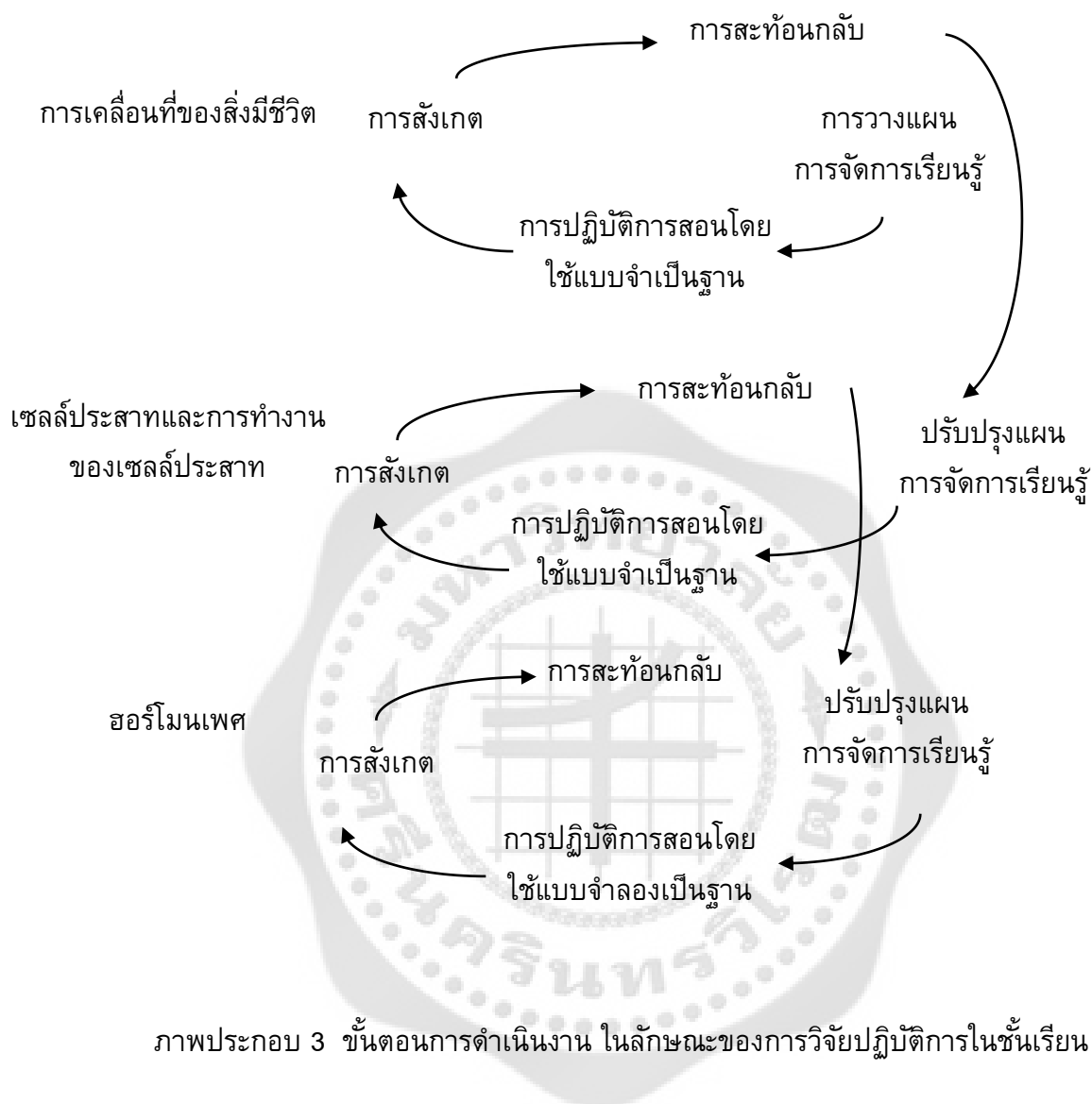
5. วิเคราะห์และปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้เพื่อจัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องถัดไป ตามรูปแบบงานวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน (classroom action research) (Kemmis; & McTaggart. 1998) ดังภาพประกอบ 3 ซึ่งขั้นตอนการวิจัยในแต่ละหัวข้อเนื้อหาประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1) การวางแผน (plan) หมายถึง การวางแผนหลังจากวิเคราะห์และกำหนดหัวข้อปัญหาที่ต้องการแก้ไขเรียบร้อยแล้ว

2) การปฏิบัติ (act) หมายถึง การลงมือปฏิบัติตามแผนที่ได้กำหนดไว้

3) การสังเกต (observe) หมายถึง การสังเกตผลที่เกิดขึ้นจากการลงมือปฏิบัติ

4) การสะท้อนผล (reflect) หมายถึง การสะท้อนผลหลังจากลงมือปฏิบัติ โดยให้ผู้ที่เกี่ยวข้องได้วิพากษ์วิจารณ์ เพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไขสำหรับการปฏิบัติงานต่อไป



ภาพประกอบ 3 ขั้นตอนการดำเนินงาน ในลักษณะของการวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน

6. จัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในอีก 2 เรื่อง คือ เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท และฮอร์โมนเพศ ตามขั้นตอน 2– 5

7. เมื่อสิ้นสุดในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ผ่านไป 4 สัปดาห์ นำแบบทดสอบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์มาทดสอบความคงทนของความรู้ ซึ่งเป็นข้อสอบชุดเดียวกันกับแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนในแต่ละเรื่อง

8. เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ในทุก ๆ แผนการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนได้ทำแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

9. นำผลคะแนนที่ได้ไปวิเคราะห์ทางสถิติเพื่อทดสอบสมมติฐาน

การวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

1. วิเคราะห์คุณภาพของเครื่องมือ ได้แก่ ความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหา ค่าดัชนีความสอดคล้องของเครื่องมือกับจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) ค่าความยาก-ง่าย (p) ค่าอำนาจการจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (reliability) ของแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ทั้งฉบับแบบสัมประสิทธิ์แอลฟาของ Cronbach

2. วิเคราะห์แนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ซึ่งวิเคราะห์จากแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท และฮอร์โมนเพศเป็นรายข้อ แล้วจัดกลุ่มความเข้าใจของนักเรียนเป็น 5 กลุ่ม ตามแนวคิดของ Haidar (1997: 185) ดังนี้

1) กลุ่มที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (sound understanding: SU) คือ นักเรียนสามารถเลือกตัวเลือกได้ถูกต้องและอธิบายเหตุผลประกอบการตอบได้ถูกต้องครบถ้วน

2) แนวคิดถูกต้องบางส่วน (partial understanding: PU) คือ นักเรียนสามารถเลือกคำตอบได้ถูกต้องแต่อาจจะอธิบายเหตุผลไม่ถูกต้องหรือเลือกคำตอบได้ถูกต้องและอธิบายเหตุผลถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน

3) แนวคิดถูกต้องบางส่วนกับแนวคิดคลาดเคลื่อน (partial understanding with specific misunderstanding: PU/SM) คือ นักเรียนเลือกคำตอบได้ถูกต้องแต่มีการอธิบายเหตุผลไม่ถูกต้องหรือนักเรียนเลือกคำตอบไม่ถูกต้องแต่อธิบายเหตุผลถูกต้องหรือการอธิบายเหตุผลของนักเรียนมีทั้งส่วนที่ถูกต้องและไม่ถูกต้องปะปนกันอยู่

4) แนวคิดคลาดเคลื่อน (specific misunderstanding: SU) คือ นักเรียนเลือกคำตอบไม่ถูกต้องและอธิบายเหตุผลไม่ถูกต้อง

5) ไม่มีแนวคิด (no understanding: NU) คือ นักเรียนไม่เลือกคำตอบและอธิบายเหตุผลว่าไม่ทราบ จำไม่ได้ หรือนักเรียนไม่เลือกคำตอบและไม่อธิบาย เหตุผลในข้อนั้น ๆ

จากนั้นวิเคราะห์หาความถี่ และค่าร้อยละโดยเฉลี่ยของความเข้าใจของนักเรียนแต่ละกลุ่ม

3. วิเคราะห์ความคงทนของความรู้ โดยการวิเคราะห์จากการทดสอบความแตกต่างระหว่างคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนและหลังเรียนผ่านไป 4 สัปดาห์ โดยใช้สถิติแบบ t-test for dependent samples ที่ $p = 0.05$

4. วิเคราะห์ระดับความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ด้วยค่าสถิติพื้นฐาน ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน

ในการวิเคราะห์ข้อมูลดังกล่าว ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลด้วยโปรแกรมคอมพิวเตอร์

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีผลต่อการแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในรายวิชาชีววิทยา โดยผู้วิจัยขอเสนอผลการทดลอง ดังนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ตอนที่ 2 การนำกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไปใช้กับกลุ่มที่ศึกษา

ตอนที่ 1 การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1. การสร้างเครื่องมือสำหรับงานวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยนี้ ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 3 แผน แบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 ฉบับ และแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 1 ฉบับ เมื่อผู้วิจัยได้สร้างขึ้นแล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมิน มีผลการประเมิน ดังนี้

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท และฮอร์โมนเพศ

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในงานวิจัยนี้ประกอบด้วย ขั้นตอน ทั้งหมด 5 ขั้นตอน คือ ขั้นที่ 1 การมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถาม ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ ขั้นที่ 4 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น และขั้นที่ 5 การขยายแบบจำลอง โดยสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 3 ฉบับ ได้แก่ เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท และฮอร์โมนเพศ จากนั้นนำแผนการสอนทั้งหมดให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านตรวจสอบความสอดคล้องของเนื้อหาต่อจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) ในส่วนของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งจากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญ พบว่า มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มากกว่า 0.6 ขึ้นไปในทุก ๆ หัวข้อการประเมินและในทุก ๆ แผน (ภาคผนวก ข) นอกจากนี้ยังมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมจากผู้เชี่ยวชาญ ดังภาพประกอบ 4

ข้อเสนอแนะ การออกแบบรูปแบบโครงแบบ Pattern เดิมๆ การนำภาพมาใส่ในรูปของ บทบาทในเอกสารที่ดูมาจาก PPT ลงชื่อ..... นกขี..... ผู้ประเมิน (ผศ.ดร. นกขี.....)
--

ภาพประกอบ 4 ข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญเกี่ยวกับแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็น
 ฐาน

จากข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ผู้วิจัยได้รับแผนการจัดการเรียนรู้ข้างต้น ตามภาพประกอบ 5
 และ 6



ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ (100 นาที)

บรรยาย Power Point เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

1. สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว มีการเคลื่อนที่โดยใช้ไซโทพลาสซึม ซีเลีย และแฟลเจลลัม
2. แมงกะพรุนใช้การหดขบกระดิ่งในการเคลื่อนที่ และมีมิโซเกเลียช่วยในการบังคับ

ทิศทาง

3. หมึกใช้ท่อไซฟอนพ่นน้ำออก เพื่อดันให้ลำตัวเคลื่อนที่ไปทิศทางตรงข้ามของน้ำที่พ่น

ออก

4. ดาวทะเล อาศัยแรงดันของน้ำในระบบท่อน้ำ ที่มีทิวบ์ฟีท สามารถยืดยาวออกและหดสั้นลงและตรงปลายมีแผ่นดูดช่วยในการยึดเกาะ

5. ไส้เดือนดินเคลื่อนที่โดยใช้การหด คลายกล้ามเนื้อวงและกล้ามเนื้อตามยาวสลับกัน เรียกการเคลื่อนที่แบบนี้ว่า antagonism ไส้เดือนยังมีปาก และเดือยช่วยในการเคลื่อนที่

6. แมลงมีการเคลื่อนที่โดยกล้ามเนื้อบริเวณขา 2 ชุด เรียกว่า เอ็กซ์เทนเซอร์ (extensor) กับ เฟล็กซ์เซอร์ (flexor) ที่ทำงานสภาวะตรงข้ามกัน ทำให้ขาแมลงสามารถทำงานได้อีกทั้งยังมีกล้ามเนื้อตามยาวและกล้ามเนื้อยึดเปลือกหุ้มส่วนนอกที่ทำให้แมลงสามารถขยับปีกได้
7. ปลาจะมีกล้ามเนื้อที่ยึดติดกระดูกสันหลัง มีการหดตัวและคลายตัวในกล้ามเนื้อแต่ละส่วนไม่พร้อมกัน ทำให้ปลาวว่ายน้ำได้

8. นกสามารถบินได้โดยใช้กล้ามเนื้อ 2 ชุดที่ยึดระหว่างกระดูกโคนปีกและกระดูกอกที่ทำงานสภาวะตรงข้ามกัน

ภาพประกอบ 5 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานก่อนการปรับแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ (100 นาที)

1. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มศึกษาการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตบางชนิด จากใบความรู้เรื่องการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตบางชนิด จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต ดังนี้

- สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวมีการเคลื่อนที่โดยใช้โครงสร้างใดบ้าง (อะมีบา ใช้เท้าเทียมในการเคลื่อนที่ ยูกลีนา ใช้แฟกเจลลาในการเคลื่อนที่ และพารามีเซียมเคลื่อนที่โดยใช้ซิเลีย)
- แมงกะพรุนเคลื่อนที่ได้อย่างไร (ใช้การหดขบกระดิ่งในการเคลื่อนที่ และมีมีโซเกลียช่วยในการบังคับทิศทาง)
- หมึกเคลื่อนที่ได้อย่างไร (ใช้ท่อไซฟอนพ่นน้ำออก เพื่อดันให้ลำตัวเคลื่อนที่ไปทิศทางตรงข้ามของน้ำที่พ่นออก)
- ดาวทะเลเคลื่อนที่ได้อย่างไร (อาศัยแรงดันของน้ำในระบบท่อที่ มีทิวบ์ฟีท สามารถยืดยาวออกและหดสั้นลงและตรงปลายมีแผ่นดูดช่วยในการยึดเกาะ)
- ไส้เดือนดินเคลื่อนที่ได้อย่างไร (ใช้การหด คลายกล้ามเนื้อและกล้ามเนื้อตามยาวสลับกัน เรียกการเคลื่อนที่แบบนี้ว่า antagonism ไส้เดือนยังมีปาก และเดือยช่วยในการเคลื่อนที่)
- แมลงมีการเคลื่อนที่อย่างไร (ใช้กล้ามเนื้อบริเวณขา 2 ชุด เรียกว่า เรียกว่า เอ็กซ์เทนเซอร์ (extensor) กับ เฟล็กซ์เซอร์ (flexor) ที่ทำงานสภาวะตรงข้ามกัน ทำให้ขาแมลงสามารถทำงานได้ อีกทั้งยังมีกล้ามเนื้อตามยาวและกล้ามเนื้อยืดเปลือกหุ้มส่วนอกที่ทำให้แมลงสามารถขยับปีกได้)
- ปลาเคลื่อนที่ได้อย่างไร (มีกล้ามเนื้อที่ยึดติดกระดูกสันหลัง มีการหดตัวและคลายตัวในกล้ามเนื้อแต่ละส่วนไม่พร้อมกัน ทำให้ปลาวว่ายน้ำได้)
- นกเคลื่อนที่ได้อย่างไร (กล้ามเนื้อ 2 ชุด ที่ยึดระหว่างกระดูกโคนปีกและกระดูกอกที่ทำงานสภาวะตรงข้ามกัน)

2. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับเนื้อหาการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตที่ได้เรียนไป จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

ภาพประกอบ 6 แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานหลังการปรับแผนการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

1.2 แบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ผู้วิจัยสร้างแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ จำนวน 45 ข้อ โดยมีการวิเคราะห์ข้อสอบ

ดังตาราง 4



ตาราง 4 ตารางวิเคราะห์ข้อสอบ

ผลการเรียนรู้ที่คาดว่าจะได้รับ	เนื้อหา	จุดประสงค์การเรียนรู้	ด้านพุทธิพิสัย			รวม
			ความรู้/ความจำ	เข้าใจ	นำไปใช้	
สืบค้นข้อมูล ทดลอง อภิปราย และสรุปเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต	การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต	1. อธิบายโครงสร้างกลไกการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต ได้แก่ โปรทิส สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง	2	7	1	15
		2. จำแนกลักษณะการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต	-	5	-	
สืบค้นข้อมูล ทดลอง อภิปราย และสรุปเกี่ยวกับการทำงานของระบบประสาทและ	เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท	1. บอกโครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ประสาท	2	8	2	15
		2. อธิบายการถ่ายทอดกระแสประสาทจากเซลล์หนึ่งไปยังเซลล์ประสาทอีกเซลล์หนึ่ง	2	1	-	
สืบค้นข้อมูล อภิปราย และสรุปเกี่ยวกับการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อในร่างกาย	ฮอร์โมนเพศ	1. อธิบายกลไกการสร้างและหลั่งฮอร์โมนเพศ	-	5	2	15
		2. บอกตำแหน่งและหน้าที่ของต่อมไร้ท่อที่สร้างฮอร์โมนเพศ	3	1	4	

จากการนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่านตรวจสอบความถูกต้องของเนื้อหาต่อจุดประสงค์การเรียนรู้ (IOC) และปรับปรุงเนื้อหาตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ แล้วนำแบบทดสอบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ไปทดลองใช้กับกลุ่มนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษาจริง ซึ่งเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนเดียวกันกับกลุ่มนักเรียนที่ศึกษา จำนวน 43 คน เพื่อหาค่าอำนาจการจำแนก (r) ค่าความยาก-ง่าย (p) และความเชื่อมั่น (reliability) ของข้อสอบทั้งฉบับ จากนั้นนำข้อสอบที่คัดเลือกแล้วไปใช้กับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาจริง

ตาราง 5 จำนวนข้อสอบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ตั้งแต่สร้างจนกระทั่งใช้จริง

แผน ที่	เรื่อง	จำนวนข้อสอบ			
		สร้าง	หลัง ผู้เชี่ยวชาญ ตรวจ	หลังทดลองใช้กับ นักเรียนที่ไม่ใช่ กลุ่มที่ศึกษา	ใช้จริง
1	การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต	15	14	10	10
2	เซลล์ประสาทการทำงาน ของเซลล์ประสาท	15	15	10	10
3	ฮอโมนเพศ	15	15	10	10

1.3 แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ผู้วิจัยสร้างแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 10 ข้อ ซึ่งผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของภาษา พบว่า แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นสามารถนำไปใช้กับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาได้หลังจากปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ

ตอนที่ 2 การนำกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไปใช้กับกลุ่มที่ศึกษา

1. ข้อมูลพื้นฐาน

การวิจัยครั้งนี้ได้ทำการศึกษาในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในเขตป้อมปราบศัตรูพ่าย กรุงเทพมหานคร ซึ่งในปีการศึกษา 2558 มีครูผู้สอนทั้งหมด 112 คน เป็นครูวิทยาศาสตร์จำนวน 22 คน มีนักเรียนทั้งหมด 3,027 คนเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น 1,493 คน และระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย 1,537 คน สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ซึ่งมีจำนวนทั้งหมด 477 คน ประกอบด้วย 12 ห้องเรียน แบ่งเป็นแผนกสายวิทยาศาสตร์จำนวน 7 ห้องเรียน แผนกสายศิลป์จำนวน 5 ห้องเรียน โดย 2 ห้องเรียนเป็นนักเรียนโปรแกรมวิทยาศาสตร์

และคณิตศาสตร์ ซึ่งตามหลักสูตรกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของโรงเรียน นักเรียนทั้ง 2 ห้องนี้ต้องเรียนวิทยาศาสตร์ จำนวน 3 วิชา ประกอบด้วยวิชาฟิสิกส์ เคมี และชีววิทยา โดยเรียนในรายวิชาชีววิทยาสัปดาห์ละ 9 คาบ คาบ ละ 50 นาที ซึ่ง 3 คาบ ดังนั้นโดยรวมแล้วใน 1 ภาคเรียน นักเรียนเหล่านี้ต้องเรียนวิชาชีววิทยา จำนวนทั้งหมด 60 คาบ สำหรับในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 นักเรียนต้องเรียนวิชาชีววิทยาจำนวน 3 หน่วย (ตามสสวท.) ได้แก่ การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท ต่อมไร้ท่อและฮอร์โมน พฤติกรรมสัตว์ตามลำดับ

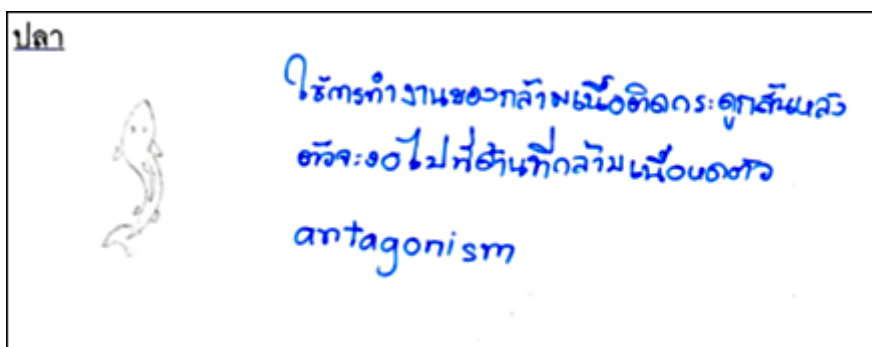
นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องเรียนปกติ จำนวน 1 ห้องเรียน ซึ่งเป็นนักเรียนกลุ่มที่เรียนวิชากลุ่มที่เรียนวิชาชีววิทยาในภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2558 มีนักเรียน 43 คน เป็นนักเรียนชายทั้งหมด ความสามารถทางการเรียนทั้งเก่ง ปานกลาง และอ่อน ซึ่งจำแนกความสามารถทางการเรียนของนักเรียนได้จากเกรดในรายวิชาชีววิทยาของภาคเรียนที่ 1 ประจำปีการศึกษาที่ 2558

2. แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

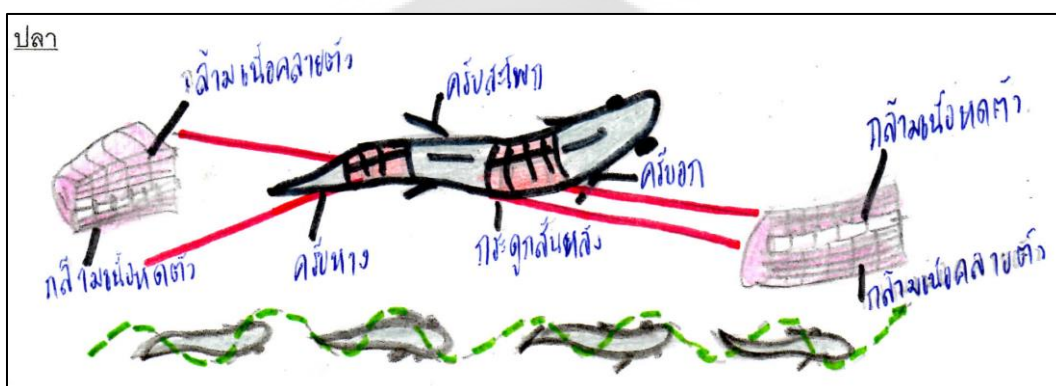
การดำเนินการจัดการเรียนรู้เป็นไปตามรูปแบบของงานวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (classroom action research) ที่อ้างอิงจากงานวิจัยแบบขดขวดหรือ PAOR ของ Kemmis; & McTaggart (1998) กล่าวคือ เมื่อเริ่มกิจกรรมการเรียนรู้ผู้วิจัยได้ปฏิบัติตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่วางไว้อย่างละเอียด โดยในขณะที่ทำกิจกรรมและสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผน ผู้วิจัยและผู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้ครั้งนั้นได้ร่วมกันตรวจสอบผลลัพธ์ที่ได้จากการจัดการเรียนรู้และพยายามวิเคราะห์ถึงข้อดี ข้อเสีย รวมถึงปัญหาที่พบขณะทำการจัดการเรียนการสอน เพื่อหาแนวทางในการแก้ไขปรับปรุงแผนการจัดการเรียนการสอนในแผนการจัดการเรียนรู้เรื่องถัดไปให้มีคุณภาพมากยิ่งขึ้นจนกระทั่งเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนที่ดี ซึ่งสามารถตรวจสอบได้จากบันทึกหลังการจัดการเรียนการสอน (ภาคผนวก ค)

2.2.1 แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นการจัดการเรียนรู้ใหม่สำหรับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องอธิบายกระบวนการขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ให้นักเรียนเข้าใจก่อนทำกิจกรรม และอีกปัญหาหนึ่งคือนักเรียนยังไม่เข้าใจถึงการสร้างแบบจำลอง ต้องทำออกมาในรูปแบบใด ผู้วิจัยจึงต้องอธิบายให้นักเรียนเข้าใจก่อนให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองเบื้องต้นของตน และหลังจากครูได้อธิบายให้นักเรียนเข้าใจแล้ว นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองของตนเองได้ ดังจะเห็นจากภาพประกอบ 7 และ 8

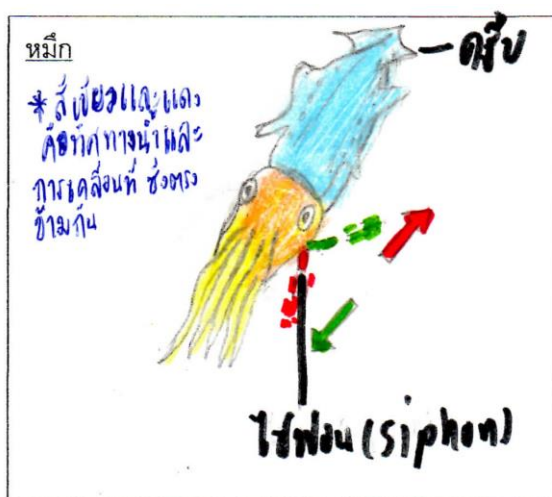


ภาพประกอบ 7 นักเรียนนำเสนอแบบจำลองโดยใช้การวาดภาพประกอบการบรรยาย



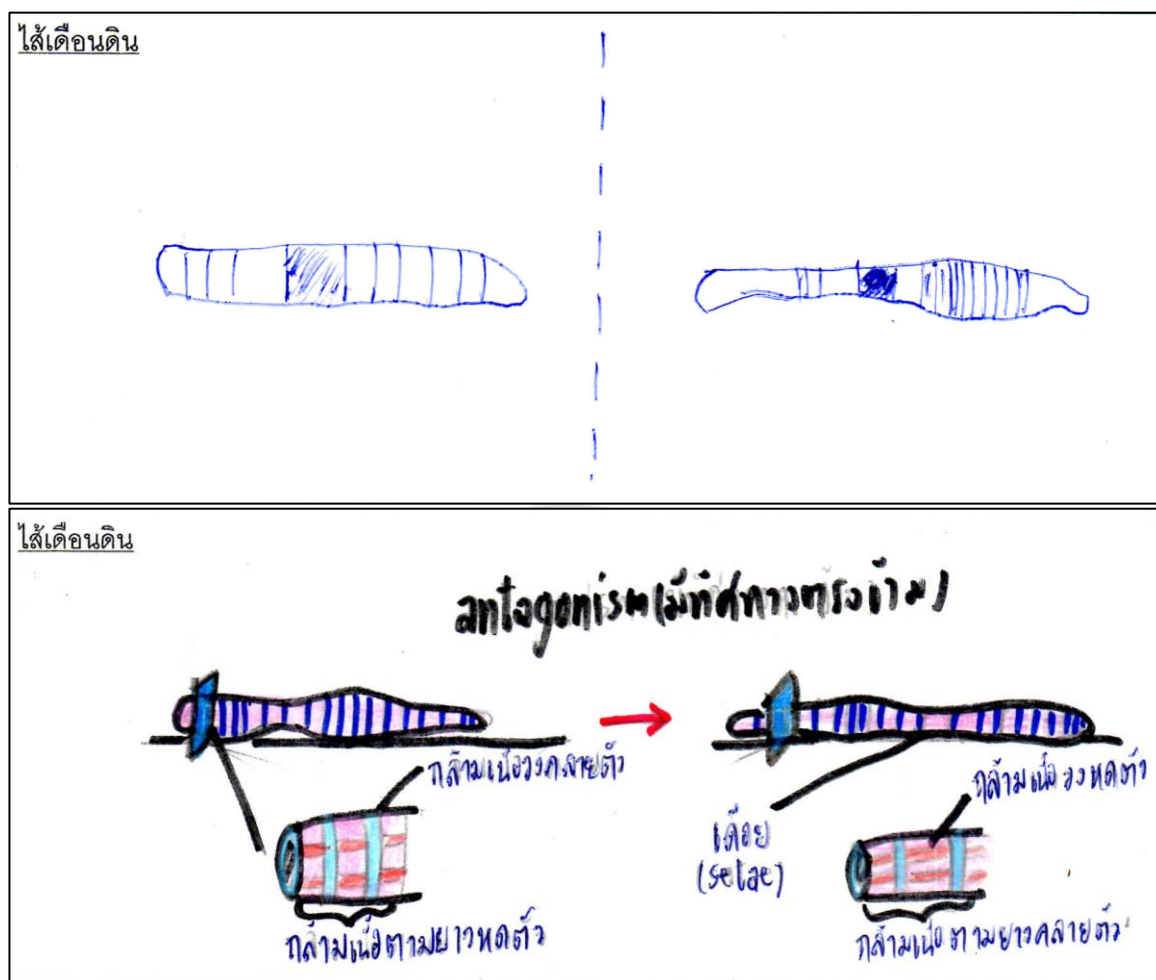
ภาพประกอบ 8 นักเรียนนำเสนอแบบจำลองโดยใช้การวาดรูป

การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตเป็นเนื้อหาที่ต้องอาศัยสื่อการสอนที่สามารถให้นักเรียนสามารถมองเห็นการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดได้ ดังนั้นผู้สอนจึงใช้วิธีทัศน์มาช่วยเป็นสื่อการสอนทำให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองได้ดีมากขึ้น ดังจะเห็นได้จากภาพประกอบ 9



ภาพประกอบ 9 แบบจำลองที่นักเรียนแสดงถึงทิศทางการเคลื่อนที่ของหมึก

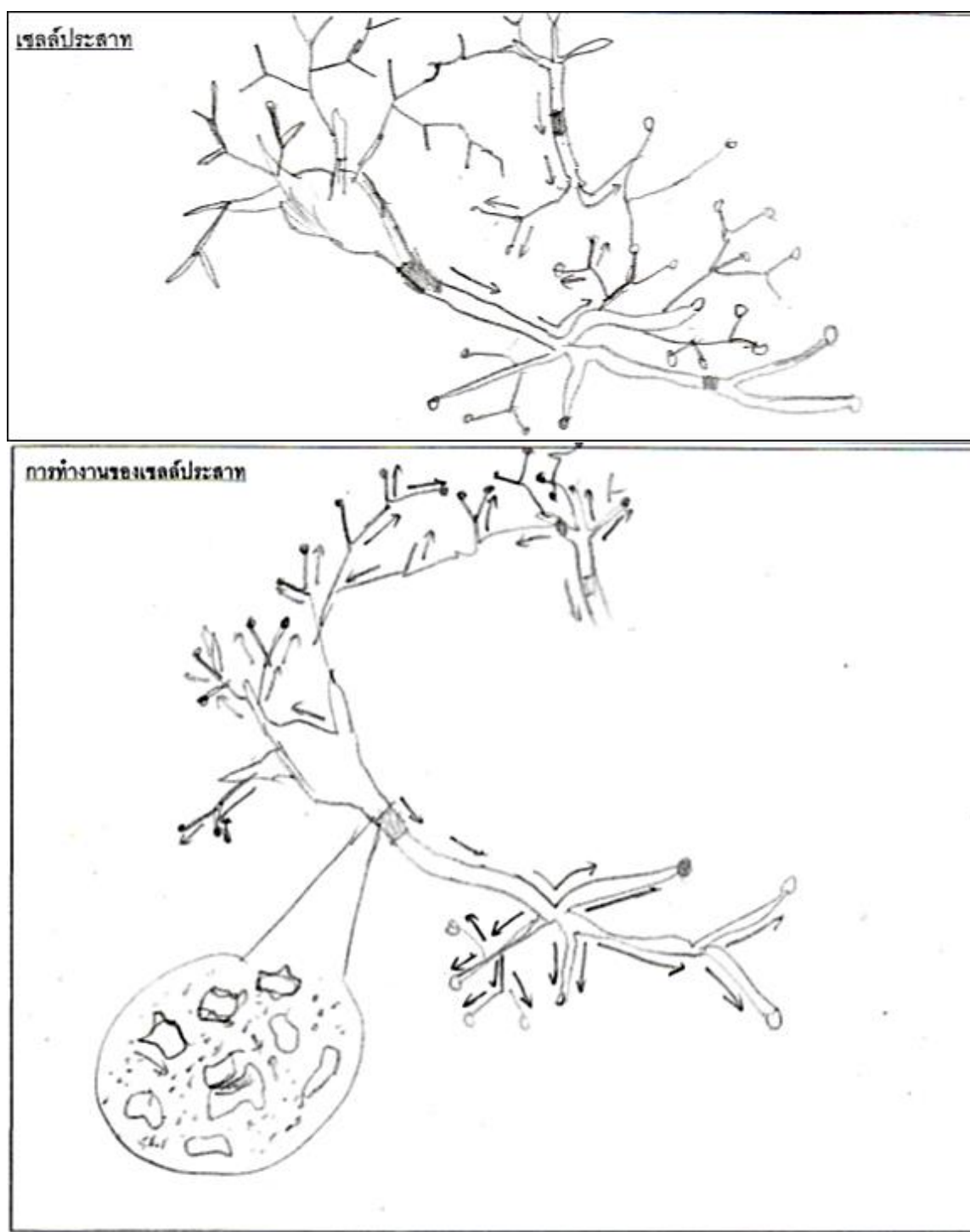
หลังจากที่นักเรียนได้เข้ากลุ่มเพื่อร่วมกันอภิปรายและแลกเปลี่ยนความรู้ จากนั้นนำความรู้ที่ได้ร่วมกันอภิปรายมาสร้างเป็นแบบจำลองของกลุ่ม ซึ่งหลังจากนั้นผู้วิจัยเปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากการอภิปรายและแลกเปลี่ยนความรู้กันภายในกลุ่มไปปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้นของตนเองให้ดีขึ้น ดังจะเห็นได้จากภาพประกอบ 10



ภาพประกอบ 10 เปรียบเทียบแบบจำลองเบื้องต้นและแบบจำลองที่ได้รับการปรับปรุง เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

2.2.2 แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เซลล์ประสาท และการทำงานของเซลล์ประสาท

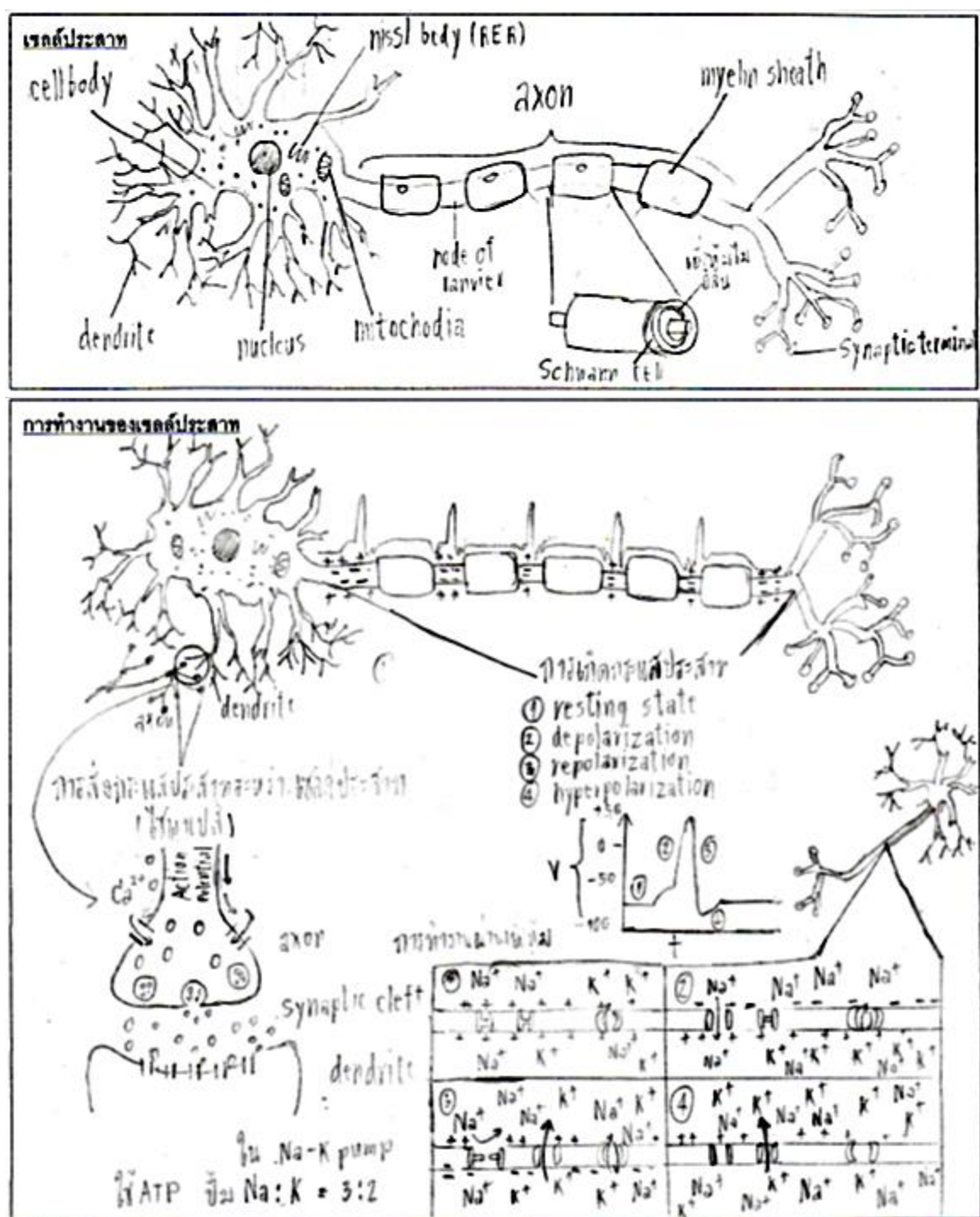
เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาทเป็นเนื้อหาที่มีความเป็นนามธรรมสูง ดังนั้น ผู้วิจัยใช้สื่อและคำถามเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถดึงเอาความรู้เดิมเชื่อมโยงกับความรู้ใหม่เพื่อสร้างเป็นแบบจำลองเบื้องต้นของนักเรียน ซึ่งผลปรากฏตามภาพประกอบ 11



ภาพประกอบ 11 แบบจำลองเบื้องต้นของนักเรียน เรื่อง เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท

เมื่อนักเรียนแต่ละคนสร้างแบบจำลองเบื้องต้นของตนเองแล้ว ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มเพื่อศึกษาไปความรู้ เรื่อง เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท จากนั้นผู้วิจัยใช้คำถามเพื่อทดสอบว่าที่นักเรียนได้ศึกษาเองนั้นนักเรียนเข้าใจมากน้อยเพียงใด เมื่อทดสอบความเข้าใจของนักเรียนโดยใช้คำถามแล้ว พบว่า นักเรียนยังไม่เข้าใจในบางประเด็น ดังนั้น ผู้วิจัยจึงอธิบายเน้นย้ำส่วนของเนื้อหาที่นักเรียนยังไม่เข้าใจเพิ่มเติม จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้อภิปรายและแลกเปลี่ยนความรู้กันภายในกลุ่มแล้วสร้างแบบจำลองของกลุ่ม หลักจากที่นักเรียนแต่ละกลุ่มได้สร้างแบบจำลองกลุ่มเสร็จเรียบร้อยแล้ว ครูได้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอแบบจำลองของกลุ่มหน้าชั้นเรียน แล้วให้นักเรียนแต่ละคนกลับมาปรับปรุงแบบจำลองของตนเองอีกครั้ง พบว่านักเรียนสามารถสร้างแบบจำลอง เรื่อง เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาทได้ถูกต้องมากขึ้น ดังจะเห็นได้จากภาพประกอบ 12





ภาพประกอบ 12 แบบจำลองเรื่องเซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาทที่ปรับปรุงแล้ว
หลังผ่านการสร้างแบบจำลองกลุ่ม

2.2.3 แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ฮอร์โมนเพศ

ฮอร์โมนเพศเป็นเนื้อหาที่อยู่ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องต่อมไร้ท่อและฮอร์โมน ซึ่งการจัดการเรียนรู้ในขั้นที่ 1 การมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถาม เพื่อกระตุ้นนักเรียนเกิดความสงสัยและตั้งประเด็นคำถาม เพื่อนำไปสู่ข้อสงสัยและการค้นหาคำตอบ ผู้วิจัยใช้เพียงข้อคำถามเพื่อให้นักเรียนเชื่อมโยงเนื้อหาเกี่ยวกับเรื่องที่เรียนก่อนหน้านี้แล้วหลังจากนั้นได้ให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองเบื้องต้น ซึ่งต่างจากการจัดการเรียนรู้เรื่องการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตและเซลล์ประสาท และการทำงานของเซลล์ประสาทที่ใช้สื่อวีดิทัศน์และข้อคำถามเพื่อให้นักเรียนเกิดข้อสงสัยแล้วแล้วนำไปสร้างเป็นแบบจำลองเบื้องต้น ส่วนกระบวนการจัดการเรียนรู้ในขั้นตอนอื่น ๆ เป็นไปตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้วางไว้

ตาราง 6 การปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้	ปัญหาที่พบ	วิธีการแก้ปัญหา
การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต	นักเรียนยังไม่เข้าใจกระบวนการจัดการเรียนรู้	อธิบายกระบวนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดก่อนเริ่มการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
	นักเรียนไม่สามารถสร้างแบบจำลองได้	อธิบายให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลอง
เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท	เนื้อหามีความเป็นนามธรรมสูง ดังนั้นจะอย่างไรที่จะให้นักเรียนสามารถสร้างเป็นแบบจำลองความคิดของตนเองให้ถูกต้องได้	ใช้สื่อการสอน การตั้งคำถาม การอธิบายร่วมกับเพื่อน รวมถึงนำเสนอแบบจำลองกลุ่มหน้าชั้นเรียน ทำให้นักเรียนสร้างแบบจำลองที่ถูกต้องได้
ฮอร์โมนเพศ	เนื้อหาต่อยอดจากเนื้อหาเรื่องฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมใต้สมอง	ใช้คำถามเชื่อมโยงความรู้ก่อนหน้าเพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเบื้องต้นได้

3. แนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

การศึกษาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย หลังจากที่ได้รับจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองฐาน สามารถจำแนกแนวคิดที่ศึกษาออกเป็น 3 แนวคิด ได้แก่ การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท และฮอโมนเพศ ซึ่งได้จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ ผลปรากฏ ดังตาราง 7

ตาราง 7 จำนวนและร้อยละของนักเรียนจำแนกตามประเภทแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท และฮอโมนเพศ ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

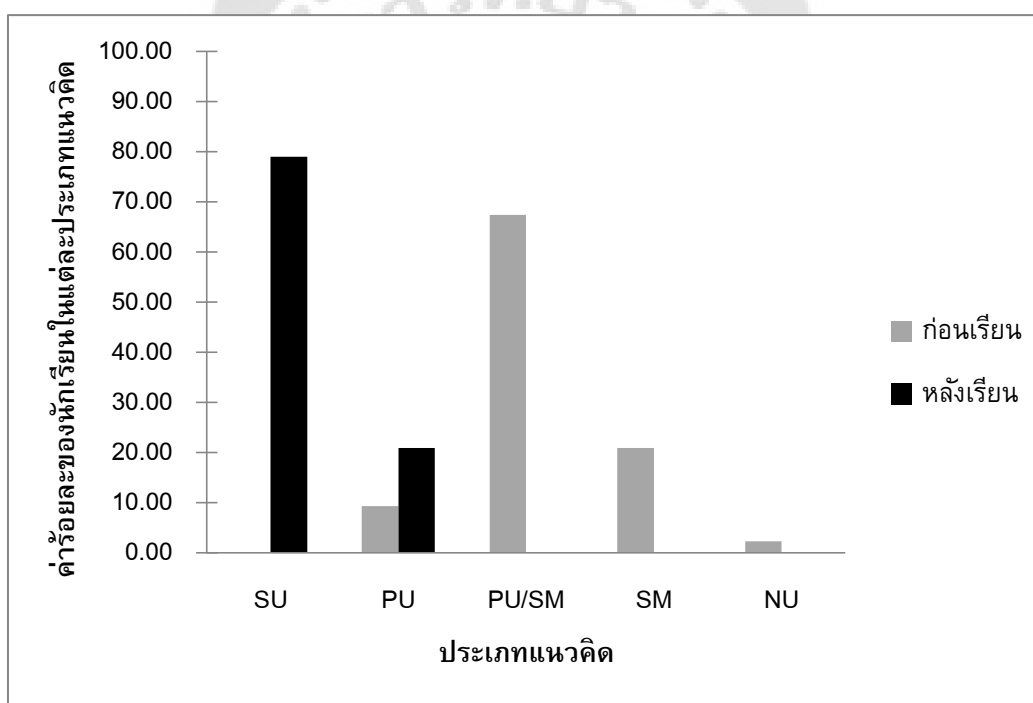
แนวคิด	จำนวนนักเรียนในแต่ละประเภทแนวคิด*									
	SU		PU		PU/SM		SM		NU	
	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง	ก่อน	หลัง
การเคลื่อนที่ของ สิ่งมีชีวิต	0	34 (79.07)	4 (9.30)	9 (20.93)	29 (67.44)	0	9 (20.93)	0	1 (2.33)	0
เซลล์ประสาทและ การทำงานของเซลล์ ประสาท	0	22 (51.16)	4 (9.30)	21 (48.84)	23 (53.49)	0	12 (27.91)	0	4 (9.30)	0
ฮอโมนเพศ	0	29 (67.44)	0	13 (30.23)	15 (34.88)	1 (2.33)	24 (55.81)	0	4 (9.30)	0

หมายเหตุ: *ในวงเล็บ หมายถึง ค่าร้อยละของนักเรียนในแต่ละประเภทแนวคิด ซึ่งประกอบด้วย SU หมายถึง แนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้อง PU หมายถึง แนวคิดถูกต้องบางส่วน PU/SM หมายถึง แนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนกับแนวคิดคลาดเคลื่อน SM หมายถึง แนวคิดคลาดเคลื่อน และ NU หมายถึง ไม่มีแนวคิด

ผลจากการวิเคราะห์ข้อมูลในแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานช่วยให้นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นทั้ง 3 เรื่อง โดยก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดถูกต้องบางส่วนกับแนวคิดคลาดเคลื่อน (PU/SM) เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต (ร้อยละ 67.44) และเซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์

ประสาท (ร้อยละ 53.49) และนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) เรื่อง ฮอริโมนเพศ (ร้อยละ 55.81)

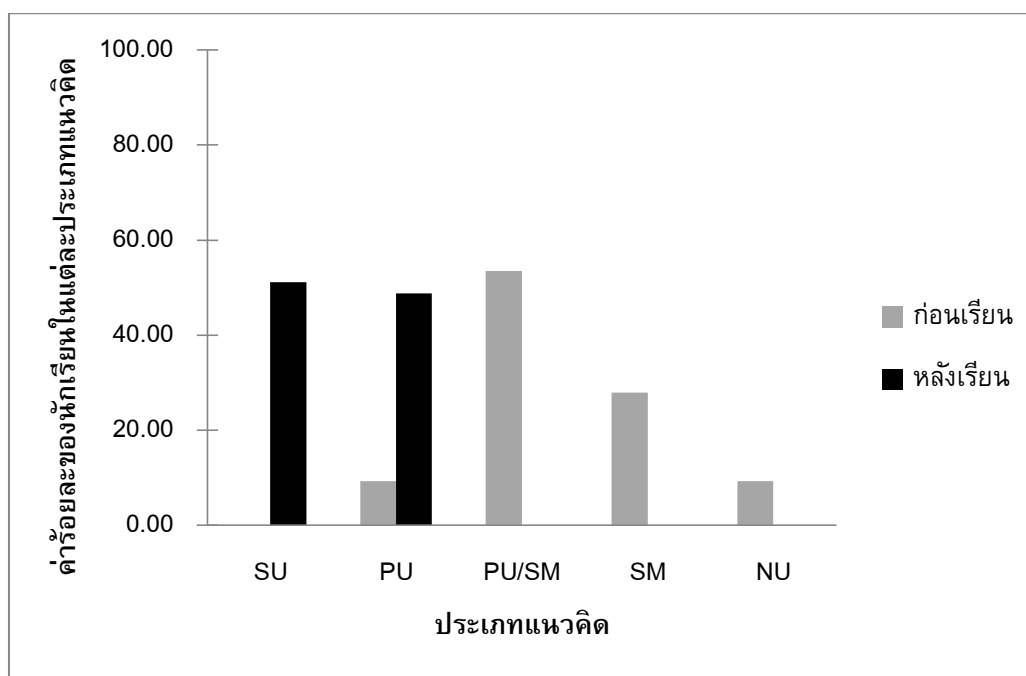
หลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต พบว่า นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้อง จำนวน 34 คน (ร้อยละ 79.07) และมีแนวคิดถูกต้องบางส่วน จำนวน 9 คน (ร้อยละ 20.93) ในเรื่อง เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท พบว่า นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้อง จำนวน 22 คน (ร้อยละ 51.16) และมีแนวคิดถูกต้องบางส่วน จำนวน 21 คน (ร้อยละ 48.84) และเรื่อง ฮอริโมนเพศ พบว่า นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้อง จำนวน 29 คน (ร้อยละ 67.44) และมีแนวคิดถูกต้องบางส่วน จำนวน 13 คน (ร้อยละ 30.23) และมีแนวคิดถูกต้องบางส่วนกับแนวคิดคลาดเคลื่อน จำนวน 1 คน (ร้อยละ 2.33) โดยทั้ง 3 เรื่อง นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น



ภาพประกอบ 13 แนวคิดเรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

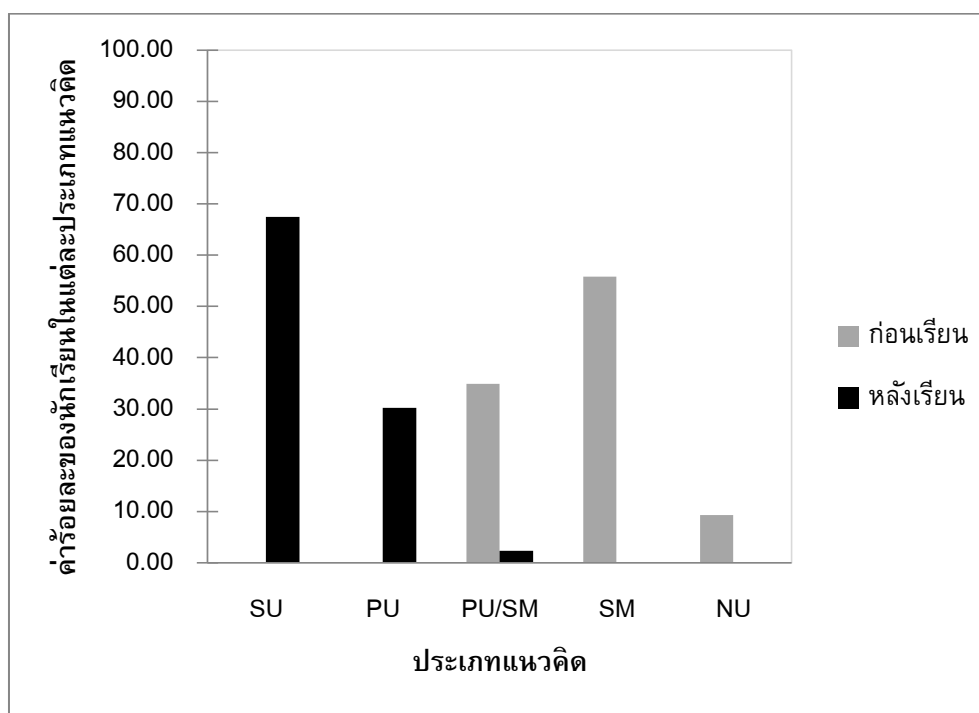
จากภาพประกอบ 13 พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนักเรียนมีแนวคิดถูกต้องบางส่วนกับแนวคิดคลาดเคลื่อนมากที่สุด (PU/SM) รองลงมาคือ แนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) แนวคิดถูกต้องบางส่วน (PU) และไม่มีแนวคิด (NU) ตามลำดับ หลังจาก

นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า นักเรียนแนวคิดถูกต้องบางส่วน กับแนวคิดคลาดเคลื่อน (PU/SM) แนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) แนวคิดถูกต้องบางส่วน (PU) และไม่มีแนวคิด (NU) ลดลง แต่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้อง (SU) และแนวคิดถูกต้องบางส่วน (PU) เพิ่มขึ้น



ภาพประกอบ 14 แนวคิดเรื่อง เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท ก่อนและหลังเรียน ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

จากภาพประกอบ 14 พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนักเรียนมีแนวคิดถูกต้องบางส่วนกับแนวคิดคลาดเคลื่อนมากที่สุด (PU/SM) รองลงมาคือ แนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) แนวคิดถูกต้องบางส่วน (PU) และไม่มีแนวคิด (NU) ตามลำดับ ซึ่งหลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องบางส่วนกับแนวคิดคลาดเคลื่อน (PU/SM) แนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) แนวคิดถูกต้องบางส่วน (PU) และไม่มีแนวคิด (NU) ลดลง แต่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้อง (SU) และแนวคิดถูกต้องบางส่วน (PU) เพิ่มขึ้นโดยร้อยละของแนวคิดทั้งสองแนวคิดมีค่าใกล้เคียงกัน



ภาพประกอบ 15 แนวคิดเรื่อง ฮอร์โมนเพศ ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

จากภาพประกอบ 15 พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานนักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนมากที่สุด (SM) รองลงมาคือ แนวคิดถูกต้องบางส่วนกับแนวคิดคลาดเคลื่อน (PU/SM) และไม่มีแนวคิด (NU) ตามลำดับ ซึ่งหลังจากนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (SM) แนวคิดถูกต้องบางส่วนกับแนวคิดคลาดเคลื่อน (PU/SM) และไม่มีแนวคิด (NU) ลดลง แต่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้อง (SU) และแนวคิดถูกต้องบางส่วน (PU) เพิ่มขึ้น

4. ความคงทนของความรู้

ความคงทนของความรู้วิเคราะห์ผลการเรียนรู้ที่ได้จากการทำแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์หลังเรียนและหลังเรียนผ่านไปแล้ว 4 สัปดาห์ เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท และฮอร์โมนเพศ ซึ่งมีผลการวิเคราะห์ความคงทนของความรู้ ดังนี้

ผลการศึกษาความคงทนของความรู้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนผ่านไป 4 สัปดาห์ เท่ากับ 9.19 ± 0.66 และ 9.28 ± 0.80 ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์คะแนนทั้งสอง

ครั้งด้วยสถิติค่าที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนและหลังเรียนผ่านไป 4 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกันที่ระดับ 0.05 ตามตาราง 8

ตาราง 8 ผลการศึกษาความคงทนของความรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

กลุ่มทดลอง	คะแนนเต็ม	N	$\bar{x}$	S.D.	t	Sig(2 tailed)
หลังเรียน	10	43	9.19	0.66	-0.726	0.472
หลังเรียน 4 สัปดาห์	10	43	9.28	0.80		

ผลการศึกษาความคงทนของความรู้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนผ่านไป 4 สัปดาห์ เท่ากับ 9.42 ± 0.70 และ 9.67 ± 0.52 ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์คะแนนทั้งสองครั้งด้วยสถิติค่าที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนและหลังเรียนผ่านไป 4 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกันที่ระดับ 0.05 ตามตาราง 9

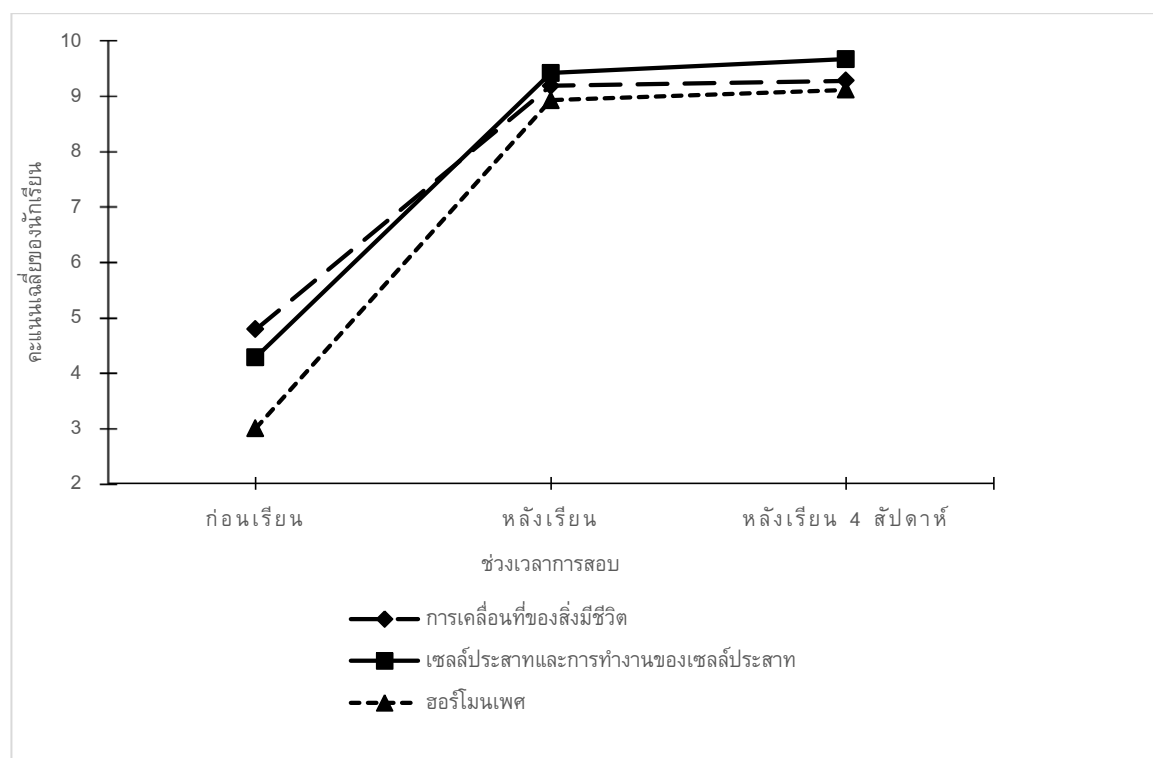
ตาราง 9 ผลการศึกษาความคงทนของความรู้ เรื่อง เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท

กลุ่มทดลอง	คะแนนเต็ม	N	$\bar{x}$	S.D.	t	Sig(2tailed)
หลังเรียน	10	43	9.42	0.70	-1.916	0.062
หลังเรียน 4 สัปดาห์	10	43	9.67	0.52		

ผลการศึกษาความคงทนของความรู้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง ฮอร์โมนเพศ พบว่า มีคะแนนเฉลี่ยก่อนเรียนและหลังเรียนผ่านไป 4 สัปดาห์ เท่ากับ 8.93 ± 0.99 และ 9.12 ± 0.85 ตามลำดับ และเมื่อวิเคราะห์คะแนนทั้งสองครั้งด้วยสถิติค่าที่แบบกลุ่มตัวอย่างไม่อิสระต่อกัน พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนและหลังเรียนผ่านไป 4 สัปดาห์ ไม่แตกต่างกันที่ระดับ 0.05 ตามตาราง 10

ตาราง 10 ผลการศึกษาความคงทนของความรู้ เรื่อง ฮอร์โมนเพศ

กลุ่มทดลอง	คะแนนเต็ม	N	$\bar{x}$	SD	t	Sig(2tailed)
หลังเรียน	10	43	8.93	0.99	-1.308	0.198
หลังเรียน 4 สัปดาห์	10	43	9.12	0.85		



ภาพประกอบ 16 คะแนนก่อนเรียน หลังเรียน และหลังเรียน 4 สัปดาห์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท และฮอร์โมนเพศ

จากภาพประกอบ 16 เปรียบเทียบคะแนนก่อนเรียน หลังเรียน และหลังเรียนผ่านไป 4 สัปดาห์ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ทั้ง 3 เรื่อง พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียน และคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนหลังเรียนไปแล้ว 4 สัปดาห์ สูงกว่าหลังเรียน

5. การหาระดับความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

จากการวิเคราะห์ระดับความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า นักเรียนมีระดับความพึงพอใจอยู่ในระดับมาก โดยความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท และฮอโมนเพศ โดยภาพรวมอยู่ในระดับพึงพอใจมาก ($\bar{x} = 4.24 \pm 0.72$) และเมื่อพิจารณาเป็นรายหัวข้อพบว่า ลำดับที่หนึ่ง คือ การได้มาซึ่งข้อมูลและหลักฐานที่จะใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ นักเรียนได้ทำกิจกรรมด้วยตนเอง ($\bar{x} = 4.35 \pm 0.61$) รองลงมา คือ นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ในการเรียนวิชาชีววิทยาในหัวเรื่องอื่น ๆ ได้ ($\bar{x} = 4.28 \pm 0.63$) หลังจากที่นักเรียนได้ศึกษาหาข้อมูลเพิ่มเติม สืบค้น ตรวจสอบ เก็บรวบรวมข้อมูล แลกเปลี่ยนความรู้กับเพื่อน จนได้ข้อมูลและหลักฐานใหม่ นักเรียนได้นำข้อมูลนั้น ไปปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองเบื้องต้น ($\bar{x} = 4.28 \pm 0.70$) การสร้างแบบจำลองทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ใหม่และความรู้เดิมของนักเรียนได้ ($\bar{x} = 4.28 \pm 0.70$) และนักเรียนสามารถนำแบบจำลองมาให้เหตุผลในเรื่องที่เรียนได้อย่างถูกต้อง ($\bar{x} = 4.28 \pm 0.73$)

ตาราง 11 ความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท และฮอโมนเพศ

ข้อความ	ความพึงพอใจของนักเรียน	
	$\bar{x} \pm SD$	ระดับความพึงพอใจ
1. นักเรียนเกิดความสงสัยและตั้งประเด็นคำถามกับเรื่องที่เรียนก่อนจะสร้างเป็นแบบจำลองเบื้องต้น	4.19±0.79	มาก
2. นักเรียนนำความรู้เดิมมาสร้างเป็นแบบจำลองเบื้องต้น	4.21±0.80	มาก
3. หลังจากที่นักเรียนได้ศึกษาหาข้อมูลเพิ่มเติม สืบค้น ตรวจสอบ เก็บรวบรวมข้อมูล แลกเปลี่ยนความรู้เพื่อน จนได้ข้อมูลและหลักฐานใหม่ นักเรียนได้นำข้อมูลนั้น ไปปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองเบื้องต้น	4.28±0.70	มาก
4. การได้มาซึ่งข้อมูลและหลักฐานที่จะใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ นักเรียนได้ทำกิจกรรมด้วยตนเอง	4.35±0.61	มาก

ตาราง 11 (ต่อ)

ข้อความ	ความพึงพอใจของนักเรียน		
	$\bar{x}$	SD	ระดับความพึงพอใจ
5. การได้มาซึ่งข้อมูลและหลักฐานที่จะใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ นักเรียนได้ทำกิจกรรมร่วมกับกลุ่ม	4.26±0.69		มาก
6. หลังจากการเรียนรู้ด้วยวิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนสามารถอธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้อย่างมีเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	4.19±0.79		มาก
7. นักเรียนสามารถนำแบบจำลองมาให้เหตุผลในเรื่องที่เรียนได้อย่างถูกต้อง	4.28±0.73		มาก
8. การสร้างแบบจำลองทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ใหม่และความรู้เดิมของนักเรียนได้	4.28±0.70		มาก
9. นักเรียนสามารถนำแบบจำลองที่ได้เรียนไปมาสรุปความรู้ที่ได้เรียนแต่ละหัวเรื่องได้อย่างถูกต้อง	4.07±0.77		มาก
10. นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ในการเรียนวิชาชีววิทยาในหัวเรื่องอื่น ๆ ได้	4.28±0.63		มาก
รวม	4.24±0.72		มาก

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผลการวิจัย

สรุปผลการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้มีจุดประสงค์เพื่อพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีผลต่อการแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในรายวิชาชีววิทยา ซึ่งสามารถสรุปผลการวิจัยได้ ดังนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1. การสร้างเครื่องมือสำหรับงานวิจัย

1.1 การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้และเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้

จากการนำแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินความถูกต้องของภาษา และความสอดคล้องของกิจกรรมต่อจุดประสงค์การเรียนรู้ของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 แผน มีความถูกต้องของภาษาและในส่วนกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ หลังได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ พบว่า กิจกรรมดังกล่าวในแผนการจัดการเรียนรู้ทั้ง 3 แผน มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) มากกว่า 0.6 ในทุก ๆ หัวข้อการประเมิน (ภาคผนวก ข) นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญได้ให้คำแนะนำให้กิจกรรมการจัดการเรียนรู้ภายในแผนที่เน้นให้นักเรียนสร้างความรู้ด้วยตนเองมากขึ้น และผู้วิจัยได้ปรับปรุงกิจกรรมการจัดการเรียนรู้ตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญก่อนจะนำแผนดังกล่าวไปใช้กับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา ดังนั้นสามารถสรุปได้ว่า กิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีคุณภาพเหมาะสมแก่การนำไปใช้

1.2 แบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์

หลังจากสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบเพื่อสร้างแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จำนวน 45 ข้อ แล้วนำไปให้ผู้เชี่ยวชาญประเมินค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหาต่อจุดประสงค์ (IOC) พบว่า ข้อสอบ จำนวน 44 ข้อ จากนั้นนำไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษาเพื่อวิเคราะห์หาค่าความยาก-ง่าย (p) ค่าอำนาจการจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (reliability) ของแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ทั้งฉบับ พบว่า แบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต มีค่าความยาก-ง่าย (p) อยู่ในช่วง 0.2–0.8 มีจำนวน 11 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนก (r) มากกว่า 0.20 ขึ้นไป จำนวน 12 ข้อ โดยมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ

เท่ากับ 0.46 แบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่อง เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท มีค่าความยาก-ง่าย (p) อยู่ในช่วง 0.2–0.8 มีจำนวน 10 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนก (r) มากกว่า 0.20 ขึ้นไป จำนวน 13 ข้อ โดยมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ เท่ากับ 0.48 และแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่อง ฮอร์โมนเพศ มีค่าความยาก-ง่าย อยู่ในช่วง 0.2–0.8 มีจำนวน 11 ข้อ มีค่าอำนาจจำแนก (r) มากกว่า 0.20 ขึ้นไป จำนวน 14 ข้อ โดยมีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ เท่ากับ 0.53 ทำการเลือกข้อสอบเพื่อใช้ในการวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ แบ่งเป็นเรื่องละ 10 ข้อ (ภาคผนวก ข)

1.3 แบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

จากการนำแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไป จำนวน 10 ข้อ ให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้องของภาษา พบว่า แบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ทั้ง 10 ข้อ มีความเหมาะสมแก่การนำไปใช้

ตอนที่ 2 การนำกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไปใช้กับกลุ่มที่ศึกษา

1. ข้อมูลทั่วไป

นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนโรงเรียนขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในเขตป้อมปราบศัตรูพ่าย จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียนทั้งหมด 43 คน เป็นนักเรียนในแผนกวิทย์-คณิต ห้องปกติที่ความสามารถทางการเรียนทั้งเก่ง ปานกลาง และอ่อน เป็นนักเรียนชายทั้งหมด

2. แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ดำเนินการจัดการเรียนรู้เป็นไปตามรูปแบบของงานวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน โดยวงจรที่ 1 เรื่องการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต วงจรที่ 2 เรื่องเซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท และวงจรที่ 3 เรื่องฮอร์โมนเพศ สามารถสรุปแนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ดีได้ ดังนี้

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่องการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต พบว่า การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวเป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ใหม่สำหรับกลุ่มนักเรียนที่ศึกษา ดังนั้นเพื่อให้การจัดการเรียนรู้ดำเนินไปได้อย่างเรียบร้อย ผู้วิจัยจึงต้องอธิบายกระบวนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมดให้นักเรียนเข้าใจก่อนการจัดการเรียนรู้ และอีกปัญหาหนึ่งในการจัดการเรียนรู้ในเรื่องนี้ คือ ในช่วงแรกนักเรียนที่เป็นกลุ่มศึกษาไม่เข้าใจการสร้างแบบจำลองเป็นแบบใด ดังนั้น ผู้วิจัยจึงต้องอธิบายถึงการสร้างแบบจำลองให้นักเรียนเข้าใจก่อนที่จะให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง ซึ่งจากการสร้าง

แบบจำลองเรื่องการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตของนักเรียน พบว่า นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองของตนเองได้ถูกต้องหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

เนื้อหาเรื่องเซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาทเป็นเนื้อหาที่เกี่ยวข้องกับทฤษฎี ซึ่งมีความเป็นนามธรรมสูง นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาส่วนมากไม่สามารถสร้างแบบจำลองเซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาทได้เท่าที่ควร หลังจากที่ผ่านมากระบวนการจัดการเรียนรู้ในชั้นการสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ ซึ่งหลังจากที่ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้สร้างแบบจำลองของกลุ่มแล้ว ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอแบบจำลองกลุ่มเพื่อให้เพื่อนร่วมชั้นเรียนได้ร่วมกันอภิปรายร่วมกันอีกครั้ง และนอกจากนี้ผู้วิจัยได้ใช้คำถามและการอธิบายเน้นย้ำในส่วนเนื้อหาที่ผู้วิจัยเห็นว่านักเรียนยังมีแนวคิดไม่ถูกต้อง ผลปรากฏว่า นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาทได้ถูกต้องมากขึ้น

จากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองผ่านไปแล้ว 2 วงจรทำให้การจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 3 เรื่องฮอร์โมนเพศ เป็นไปได้อย่างรวดเร็วมากขึ้น แต่มีเพียงชั้นการสร้างแบบจำลองเบื้องต้นนักเรียนยังคงสร้างแบบจำลองเรื่องฮอร์โมนเพศไม่ได้เท่าที่ควร ผู้วิจัยจึงใช้คำถามเพื่อเชื่อมโยงความรู้เดิมในเรื่องฮอร์โมนที่สร้างจากต่อมใต้สมอง มีผลทำให้นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองเบื้องต้นได้ และสร้างแบบจำลองที่ได้รับการปรับปรุงแล้วได้อย่างถูกต้อง

3. แนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

จากการวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยใช้แบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน จำนวน 3 เรื่อง ได้แก่ การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท ฮอร์โมนเพศ พบว่า หลังเรียนนักเรียนส่วนมากมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้องเพิ่มขึ้นทั้ง 3 เรื่อง ซึ่งก่อนเรียนนักเรียนส่วนมากมีแนวคิดวิทยาศาสตร์บางส่วนกับแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน และมีแนวคิดคลาดเคลื่อน

4. ความคงทนของความรู้

จากการวัดความคงทนของความรู้ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านไปแล้ว 4 สัปดาห์ ซึ่งวิเคราะห์ผลจากคะแนนการทำแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์หลังเรียนและหลังเรียนผ่านไป 4 สัปดาห์ เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท และฮอร์โมนเพศ พบว่า คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนผ่านไป 4 สัปดาห์มีคะแนนสูงกว่าหลังเรียน และพบว่าคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนและหลังเรียนผ่านไป 4 สัปดาห์ไม่แตกต่างกันที่ระดับความเชื่อมั่นที่ 0.05 ในทั้ง 3 เรื่อง ซึ่งสามารถสรุปได้ว่า นักเรียนมีความคงทนของความรู้

อภิปรายผล

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้อภิปรายผลของการวิจัยโดยแบ่งตามหัวข้อดังต่อไปนี้

ตอนที่ 1 การพัฒนาการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

การพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีผลต่อแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนสำหรับงานวิจัยนี้ มีการสร้างเครื่องมือสำหรับการวิจัย ซึ่งประกอบด้วย แผนจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 3 แผน แบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ และแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จำนวน 3 แผน ได้แก่ แผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท และฮอร์โมนเพศ ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญใน 2 ส่วน ได้แก่ ความถูกต้องของภาษา และกิจกรรมของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในส่วนของความถูกต้องของภาษาเมื่อผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว ได้มีการปรับปรุงความถูกต้องของภาษา ก่อนนำไปทดลองใช้กับกลุ่มที่ศึกษา และในส่วนของกิจกรรมของการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ผู้เชี่ยวชาญยังให้ค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่า 0.6 ในทุก ๆ หัวข้อการประเมิน (ภาคผนวก ข)

ดังนั้น แผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน จึงมีความเหมาะสมแก่การนำไปใช้ เนื่องจากแผนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าวมีรายละเอียดครอบคลุมเนื้อหาตามวัตถุประสงค์ มีกิจกรรมและกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่สามารถเป็นไปได้ เหมาะสมกับนักเรียน และเป็นไปตามรูปแบบการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นอกจากนี้ยังมีสื่อและแหล่งเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหาและนักเรียน รวมถึงการวัดและการประเมินผลมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้และกิจกรรมการเรียนรู้ตามการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ

ผลการหาความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานในงานวิจัยนี้ สอดคล้องกับงานวิจัยภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์ ชาตรี ฝ่ายคำตา และพจนานถ สุวรรณจุ (2558) ซึ่งสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และได้รับการประเมินจากผู้เชี่ยวชาญให้มีความเหมาะสมแก่การนำไปใช้ โดยพบว่า เมื่อดำเนินการตามแผนการจัดการเรียนรู้ดังกล่าว นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้องเพิ่มขึ้น

แบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์เป็นเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้สำหรับวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ใช้ข้อสอบแบบเลือกตอบ จำนวน 4 ตัวเลือก พร้อมให้เหตุผลประกอบการเลือกตอบ โดยผู้วิจัยได้สร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบการวัดระดับความรู้ของนักเรียนตามคอปเฟอร์ (Klopfer Taxonomy) ข้อสอบส่วนมากเป็นการวัดแนวคิดพื้นฐานความเข้าใจของนักเรียน เพื่อให้ นักเรียนมีแนวคิดพื้นฐานที่ถูกต้อง แล้วนำแนวคิดพื้นฐานนั้นไปต่อยอดความรู้ให้มีเข้าใจเพิ่มขึ้นในเนื้อหาอื่น ๆ (Hurd. 1970) เมื่อแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญ

และปรับปรุงตามคำแนะนำของผู้เชี่ยวชาญ จากนั้นนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษาจริง เพื่อหาค่าความยาก-ง่าย (p) ค่าอำนาจการจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่น (reliability) ของข้อสอบทั้งฉบับ พบว่า แบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เซลล์ประสาท และการทำงานของเซลล์ประสาท และฮอโมนเพศ มีเท่ากับค่าความยาก-ง่าย (p) ค่าอำนาจการจำแนก (r) มีค่าระหว่าง 0.3–0.8 จำนวน 30 ข้อ และค่าความเชื่อมั่นของข้อสอบทั้งฉบับ 0.46 0.48 และ 0.53 ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของทรงกลด ไบยา (2558) ที่ได้นำแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ไปให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจประเมินคุณภาพเครื่องมือก่อนจะนำแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ไปใช้กับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษา

แบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นเครื่องมือเชิงคุณภาพ ที่ใช้สำหรับสนับสนุนการรายงานการวิจัยในเชิงคุณภาพของงานวิจัย มีจำนวน 10 ข้อ และผ่านการตรวจประเมินในส่วนของความถูกต้องของภาษาจากผู้เชี่ยวชาญเป็นที่เรียบร้อย ซึ่งหลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเสร็จสิ้น ผู้วิจัยให้นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาทำแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานพบว่า นักเรียนมีระดับความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานอยู่ในระดับมาก ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของวิศิษฐ์ศรี โตศุภวรรณ (2556) ใช้แบบประเมินความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ เพื่อใช้สำหรับวัดคุณภาพงานวิจัย พบว่า นักเรียนมีความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ในระดับมากเช่นกัน

ตอนที่ 2 การนำกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไปทดสอบสอนจริงกับกลุ่มที่ศึกษา

1. แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

แนวทางการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน วิเคราะห์ข้อมูลจากบันทึกหลังการสอน ใบงาน และแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน สามารถอภิปรายเป็นหัวข้อดังต่อไปนี้

1.1 การใช้คำถามหรือสื่อการเรียนรู้เพื่อนำดึงเอาแนวคิดที่เป็นนามธรรม สร้างเป็นแบบจำลอง ซึ่งเป็นแนวคิดที่เป็นรูปธรรม เพื่อให้ครูผู้สอนเกิดความเข้าใจถึงแนวคิดของนักเรียนแต่ละคนว่ามีความถูกต้องมากน้อยเพียงใด หากนักเรียนมีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องครูผู้สอนต้องใช้คำถามและสื่อการเรียนรู้ต่าง ๆ เพื่อให้ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองที่ถูกต้องให้ (Acher; Arca; & Sanmati. 2007) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ ระวีวรรณ เมืองรามัญ (2556) พบว่า จากการใช้คำถามหรือสื่อการเรียนรู้ต่าง ๆ เพื่อให้ดึงเอาแนวคิดของนักเรียนออกมาสร้างเป็นแบบจำลอง ส่งผลทำให้ครูผู้สอนสามารถประเมินแบบจำลองของนักเรียนได้ถูกต้อง

1.2 การมีปฏิสัมพันธ์ภายในกลุ่ม ระหว่างกลุ่ม และครูผู้สอนเอง เพื่อมีการแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน และทำให้ทราบว่าตนเองมีแนวคิดวิทยาศาสตร์อย่างไร ซึ่งส่งผล

ทำให้เกิดการยอมรับและนำไปสู่การเปลี่ยนแปลงแนวคิดให้ถูกต้องต่อไป (สถาบันสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2546) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของละมัย โชคชัย เอกรัตน์ ทานาค และพรรณนภา ศักดิ์สูง (2557: 26–33) และ ฮามีตะ มุสอ (2555) ที่ศึกษาแนวคิดวิทยาศาสตร์ต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า การปฏิสัมพันธ์ภายในกลุ่ม ระหว่างกลุ่ม และครูผู้สอน ช่วยให้เกิดการแลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน และทำให้ตนเองทราบว่าตนเองมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้องหรือไม่ และผลการศึกษา พบว่า นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้องมากขึ้นหลังจากที่นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

1.3 การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นให้นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง ผ่านกระบวนการสร้าง แสดงออก ประเมิน และปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง ช่วยให้นักเรียนเกิดการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองและมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังช่วยให้นักเรียนมีการอภิปรายถึงจุดเด่นและข้อจำกัดของแบบจำลองและไปสู่การปรับปรุงแบบจำลองได้ดีขึ้น ซึ่งส่งผลให้นักเรียนเกิดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเข้าใจแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น (Justi; & Gilbert. 2002: 369–387) ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของคงทน ธัญญา และ ชาทรี ฝ่ายคำตา (2559: 62–76) ศึกษาแนวคิดวิทยาศาสตร์ต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า จากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนลงมือปฏิบัติกิจกรรมด้วยตนเอง ผ่านกระบวนการสร้าง แสดงออก ประเมิน และปรับปรุงแบบจำลองของตนเอง ทำให้นักเรียนสามารถปรับปรุงแบบจำลองของตนเองได้ถูกต้องมากขึ้น

1.4 กิจกรรมการเรียนรู้ควรจัดให้หลากหลายตามความเหมาะสมของเนื้อหา ควรมีสื่อการเรียนรู้ที่สอดคล้องกับเนื้อหาสังเกตภาพ ดูวิดีโอทัศน์ ตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความรู้สึกเกิดความสงสัย ต้องการอยากรู้คำตอบ ซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของกฤษณา โภคพันธ์ (2554) ได้ใช้กิจกรรมที่หลากหลายตามความเหมาะสมของเนื้อหา ลักษณะกิจกรรม เช่น การดูวิดีโอทัศน์ การตั้งคำถาม และภาพนิ่ง เพื่อศึกษาแนวคิดเรื่องดาราศาสตร์และอวกาศ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า นักเรียนมีแนวคิดเรื่องดาราศาสตร์และอวกาศและเจตคติทางวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้น

2. แนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

จากผลการศึกษาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในรายวิชาชีววิทยา จำนวน 3 เรื่อง ได้แก่ การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท และฮอร์โมนเพศ โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้องเพิ่มขึ้นในทุกเรื่อง เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานมีการกระตุ้นด้วยคำถาม จนเกิดข้อสงสัย เกิดความคิด ทำให้นักเรียนมีการตรวจสอบความรู้ด้วยตนเอง เป็นการลงมือปฏิบัติ มีการวาดภาพ การสร้างแบบจำลอง และการตรวจสอบความถูกต้องของภาพนั้นอย่างเห็นได้ชัดและนักเรียนพบความรู้ด้วยตัวเองทำให้นักเรียนสามารถอธิบายได้ และมีความเข้าใจในแนวคิดเรื่องนี้ได้เป็นอย่างดี ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Campbell; Zhang; & Neilson (2011: 258–269) ที่พบว่า การจัดการเรียนการสอนโดยใช้แบบจำลองทำให้บทเรียนน่าสนใจและช่วยให้นักเรียนเข้าใจบทเรียนได้ดีขึ้น นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้ดังกล่าวยังเน้นให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์แลกเปลี่ยนความรู้ความคิดเห็นซึ่งกันและกัน ได้ตรวจสอบแนวคิดว่าเป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องหรือไม่มีความคลาดเคลื่อน จากนั้นให้นักเรียนได้กลับมาปรับปรุงแบบจำลองของตนเองก่อนหน้านั้นที่มีความคลาดเคลื่อนไปให้กลายเป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kuathan (2010) ที่พบว่า กระบวนการสร้างและปรับปรุงแบบจำลองให้เป็นที่ยอมรับ ทำให้นักเรียนสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเองได้ และเช่นเดียวกับงานวิจัยของชัยยนต์ ศรีเชียงหา (2554) ที่นำเอากิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไปศึกษาแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องสมดุลเคมีของนักเรียน โดยทำการทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 พบว่า นักเรียนมีแนวคิดถูกต้องเพิ่มขึ้น

นอกจากนี้เมื่อนักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้องมากที่สุด คือ เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต รองลงมาคือ เรื่อง ฮอร์โมนเพศ และเรื่องที่นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ถูกต้องน้อยที่สุดคือ เรื่อง เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท ซึ่งจากงานวิจัยของ Bahar et al. (1999) พบว่า การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต จัดอยู่ในเนื้อหาที่สามารถเข้าใจได้ง่าย ฮอร์โมนเพศเป็นเนื้อหาที่เข้าใจยากพอควร ส่วนเรื่อง เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาทเป็นเนื้อหาที่เข้าใจยากที่สุด

3. ความคงทนของความรู้

จากการศึกษาความคงทนของความรู้ของนักเรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในเรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท และฮอร์โมนเพศ โดยใช้แบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ไปทดสอบกับนักเรียนกลุ่มที่ศึกษาพบว่า นักเรียนมีความคงทนของความรู้หลังจากที่นักเรียนได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานผ่านไปแล้ว 4 สัปดาห์ ในทั้ง 3 เรื่อง เนื่องจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานสามารถเชื่อมโยงความรู้เดิมและความรู้ที่เกิดจากการสร้างแบบจำลองทางความคิด การแลกเปลี่ยน

ความรู้กับผู้อื่น การคิดวิเคราะห์ การซักถาม และแสดงเหตุผลโต้แย้งในคำอธิบายที่สร้างขึ้น ทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจที่ลึกซึ้งในแนวคิดของตนเอง (Pontrai. 2012; & Proulx. 2004; & NRC. 2000) นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานทำให้นักเรียนเกิดข้อสงสัย การสังเกต เพื่อนำไปสู่การรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการศึกษา และนำมาสร้างเป็นแนวคิดของตนเอง นอกจากนี้ยังมีส่วนช่วยทำให้เกิดความคงทนของความรู้เพราะนักเรียนเป็นผู้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ทำให้เกิดความเข้าใจและเกิดเป็นความจำระยะยาว (Custer. 2010, Dresner.; et al. 2014, & Schmid; & Bogner. 2015) ซึ่งสอดคล้องกับ Campbell; Zhang; & Neilson (2011: 258–269) ที่ศึกษาความคงทนของความรู้ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองฐานในรายวิชาฟิสิกส์เรื่อง ทุ่นลอยน้ำ พบว่า นักเรียนมีความคงทนของความรู้ในส่วนของเนื้อหาทางวิทยาศาสตร์ หลังจากที่ได้จัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานไปแล้ว 4 สัปดาห์

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อจำกัดด้านเวลาที่ใช้ในการวิจัยในแผนการเรียนรู้เรื่องฮอริโมนเพศมีน้อยกว่าที่วางแผนไว้เนื่องจากทางโรงเรียนมีการจัดกิจกรรมต่าง ๆ ที่มีผลกระทบต่อเวลาเรียนของนักเรียน ทำให้การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ทำได้ไม่สมบูรณ์นัก ดังนั้นผู้วิจัยจึงต้องจัดกิจกรรมที่กระชับขึ้น แต่การจัดกิจกรรมที่กระชับนี้ไม่มีผลต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานของนักเรียน
2. ข้อจำกัดด้านเครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ในงานวิจัยนี้ไม่มีการใช้เครื่องมือบางชนิดที่อาจช่วยให้ได้ข้อมูลที่ละเอียดและเป็นข้อมูลในเชิงลึก เช่น การบันทึกวิดีโอทัศน แบบบันทึกหลังการเรียนของนักเรียน และการสัมภาษณ์ เป็นต้น





บรรณานุกรม

- กระทรวงศึกษาธิการ. (2542). พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2542. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์
คุรุสภาลาดพร้าว.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้
วิทยาศาสตร์หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรง
พิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กระทรวงศึกษาธิการ. (2552). สภาวะการณ์การศึกษาไทยในเวทีโลก พ.ศ.2550. กรุงเทพฯ: พริก
หวานกราฟฟิค.
- ภิญญา โภคพันธ์. (2554). การพัฒนาแนวคิดเรื่องดาราศาสตร์และอวกาศ และเจตคติทาง
วิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้
แบบจำลองเป็นฐาน. วิทยานิพนธ์ ศษ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิต-
วิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- กมลรัตน์ หล้าสูงษ์. (2528). จิตวิทยาการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนคริน-
ทรวิโรฒ.
- เกษมศรี ภัทรภุริสกุล. (2544). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความคงทนในการเรียนและ
ความสนใจในการเรียนวิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการ
สอนตามทฤษฎีสรคินิยม. ปรินญาณินพนธ์ กศ.ม. (การประถมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิต
วิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ขวัญชนก ศรีทาสุษ. (2557). Flip book movie กับการจัดการเรียนการสอนชีววิทยา. นิตยสาร
สสวท. 42(188): 7-9.
- คงทน ธัญญา; และ ชชาติรีย ฝ่ายคำตา. (2559). การพัฒนาแนวคิดเรื่องเคมีอินทรีย์ของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. วารสารหน่วยวิจัย
วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้. 7(1): 62-76.
- คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์. (2525). ชุดการเรียน
การสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์ กรุงเทพฯ: ทบวงมหาวิทยาลัย. หน้า 28-30.
- คณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ สำนักงานและกองทุนสนับสนุนการวิจัย. (2541). วิฤตการณ์
วิทยาศาสตร์ศึกษาของไทย. กรุงเทพฯ: สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ.

- ชม ภูมิภาค. (2524). โทรทัศน์เพื่อการศึกษาตลอดชีพ. นิตยสารเทคโนโลยีทางการศึกษาระดับ 2
เรื่องประมวลทัศนะเกี่ยวกับโทรทัศน์เพื่อการศึกษา. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภา.
- ชวลิต ชูกำแหง. (2550). การประเมินการเรียนรู้. มหาสารคาม: สำนักพิมพ์มหาสารคาม.
- ชัยยนต์ ศรีเชียงหา. (2554). การพัฒนาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. วิทยานิพนธ์
กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
ถ่ายเอกสาร.
- ชัยพร วิชชาวุธ. (2525). ความจำมนุษย์. กรุงเทพฯ : ชวนพิมพ์.
- ทรงกลด ไบยา. (2558). การพัฒนาทปฏิบัติการ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงพลังงาน โดยใช้วิธีการ
จัดการเรียนรู้แบบสร้างความรู้ด้วยตนเอง สำหรับผู้เรียนระดับปริญญาตรี. ปริญญานิพนธ์
กศ.ม. (สาขาชีววิทยา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
ถ่ายเอกสาร.
- ทิพรรัตน์ สัตระ. (2549). ผลการใช้เทคนิคผังกราฟิกในการสอนวิทยาศาสตร์ที่ต่อผลสัมฤทธิ์ทางการ
เรียนและความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2. วิทยานิพนธ์ คร.ม.
(หลักสูตรและการสอน). นครสวรรค์: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์.
ถ่ายเอกสาร.
- ทิสนา แหมมณี. (2557). ศาสตร์การสอน องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มี
ประสิทธิภาพ. พิมพ์ครั้งที่ 18. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นันทิดา รัตน์พิทักษ์. (2556). ปัจจัยที่ส่งผลต่อการคิดเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษา
ปีที่ 6 ในโรงเรียนสังกัดสำนักงานการศึกษา กรุงเทพมหานคร โดยใช้การวิเคราะห์หุระดับ.
ปริญญานิพนธ์ กศ.บ. (การวิจัยและสถิติทางการศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- นิพนธ์ จันเลน. (2557). INQUIRY กำลังจะหายไป ?!?! นิตยสาร สสวท. 42(1):6 – 9.
- นุชลี อุปกัย. (2551). จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพฯ: แม่ทัพพอยท์.
- ปรีชา วงศ์ชูศิริ และคนอื่น ๆ . (2525). เอกสารหน่วยการเรียนรู้การสอน: ธรรมชาติของ
วิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: การศาสนา.
- พจนานุกรมฉบับราชบัณฑิตยสถาน. (2554). กรุงเทพฯ: นานมีบุ๊คส์พับลิเคชั่นส์.

พรเทพ จันทรากุณย์. (2556). การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนโดยบูรณาการรูปแบบการ
สืบสอบแบบโต้แย้งและแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานเพื่อเสริมสร้าง
สมรรถนะการรู้วิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น.

วิทยานิพนธ์ คร.ม. (หลักสูตรและการสอน). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย จุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย. ถ่ายเอกสาร.

ภพ เลหาไพบูลย์. (2542). แนวการสอนวิทยาศาสตร์. พิมพ์ครั้งที่ 3. กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
ภรทิพย์ สุภัทรชัยวงศ์; ชาตรี ฝ้ายคำตา; และ พจนานถ สุวรรณรุจิ. (2558). การจัดการเรียนรู้โดยใช้
แบบจำลองเป็นฐานเพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง โครงสร้างอะตอมและความ
เข้าใจธรรมชาติของแบบจำลองของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วารสารนวัตกรรมการ
เรียนรู้. 1(1): 97–124.

ยุพิน จันทรศรี. (2546). ผลการใช้เกมประกอบการสอนศัพท์ภาษาอังกฤษที่มีต่อความสามารถใน
การเรียนรู้คำศัพท์และความคงทนในการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2.

วิทยานิพนธ์ คศ.ม. (หลักสูตรและการสอน). นครสวรรค์: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัย
ราชภัฏนครสวรรค์. ถ่ายเอกสาร.

รวีวรรณ เมืองรามัญ; และ ศศิเทพ ปิติพรเทพิน. (2556). การส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดวิทยา-
ศาสตร์ เรื่อง โลกของเรา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ด้วยการเรียนรู้โดยใช้
แบบจำลองเป็นฐาน. วารสารหน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการ
เรียนรู้. 4(1): 38–45.

รักษสิริ แพงป้อง. (2554). การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการเรียนรู้ เรื่อง
สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 ที่มีความบกพร่อง
ทางการได้ยินระดับหูหนวก จากการสอนแบบ POSSE ร่วมกับสื่อวีดิทัศน์. ปรินญาณิพนธ์
กศ.ม. (การศึกษาพิเศษ). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
ถ่ายเอกสาร.

ละมัย โชคชัย; เอกรัตน์ ทานาค; และ พรธรรณภา ศักดิ์สูง. (2557). การพัฒนาแนวคิด เรื่องเซลล์
ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.
การประชุมทางวิชาการของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ครั้งที่ 52. กรุงเทพฯ:
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. หน้า 26–33.

- วิศิษฐ์ศรี โตศกุลวรรณ. (2556). การพัฒนาการบทรูปปฏิบัติการโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสร้าง
ความรู้ด้วยตนเอง เรื่อง โครงสร้างและหน้าที่ของพืชดอก สำหรับผู้เรียนในระดับชั้น
มัธยมศึกษาตอนปลาย. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (ชีววิทยา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการ
เรียนรู้วิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2552). สภาวะการณ์การศึกษาไทยในเวทีโลก
พ.ศ.2550. กรุงเทพฯ: พริกหวานกราฟฟิค.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2553). แนวทางการจัดการเรียนรู้ตาม
หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน. พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: ชุมชมสหกรณ์
การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). รายงานผลการวิจัยโครงการ TIMSS
2011 วิชาวิทยาศาสตร์. กรุงเทพฯ: สสวท.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). การวัดผลประเมินผลวิทยาศาสตร์.
กรุงเทพฯ: วี.พรีนท์ (1991) จำกัด.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). คู่มือครู รายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา
เล่ม 2. กรุงเทพฯ: สกสค.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). ผลการประเมิน PISA 2012
คณิตศาสตร์ การอ่าน และวิทยาศาสตร์ บทสรุปสำหรับผู้บริหาร. กรุงเทพฯ: แอดวานซ์
พรีนติ้ง เซอร์วิส.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2558). หลักสูตรแกนกลาง การศึกษาขั้น
พื้นฐาน 2551. สืบค้นเมื่อ 18 ตุลาคม 2558, จาก [http://www.ipst.ac.th/web
/index.php/component/flexicontent/49-2010-10-27-03-54-42/759-2012-02-08-03-39-
26](http://www.ipst.ac.th/web/index.php/component/flexicontent/49-2010-10-27-03-54-42/759-2012-02-08-03-39-26).
- สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ. (2556). การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21. วารสารหน่วย
วิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้. 4(1): 55–63.
- สาโรจน์ ไสยสมบัติ. (2536). ความพึงพอใจในการทำงานของครูอาจารย์โรงเรียนมัธยมศึกษาสังกัด
กรมสามัญศึกษาจังหวัดร้อยเอ็ด. ปรินญานิพนธ์ กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน).
มหาสารคาม: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.

- สุกัญญา เทียนพิทักษ์กุล. (2543). การศึกษาเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเจตคติต่อการเรียนและความคงทนในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ เรื่อง โจทย์ปัญหาของนักเรียน ชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 ที่เรียนโดยหนังสือเรียนเล่มเล็กเชิงวรรณกรรม. ปรินูญานินพนธ์ กศ.ม. (หลักสูตรและการสอน). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- สุชาดา พ่อไชยราช. (2558). การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมโดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ วท.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). อุบลราชธานี: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี. ถ่ายเอกสาร.
- สุภาพร พรไตร. (2558). การเรียนรู้เรื่อง วัฏจักรเซลล์และไมโทซิส ด้วยการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์: แนวทางเชิงรุกเพื่อเพิ่มผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนของความรู้. หน่วยวิจัยวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสิ่งแวดล้อมเพื่อการเรียนรู้. 6(2): 175–187.
- สุวิทย์ คงภักดี. (2553). ผลของการสอนดาราศาสตร์แบบสืบเสาะ โดยใช้นวัตกรรมแบบจำลองระบบโลก ดวงจันทร์ ดวงอาทิตย์. ปรินูญานินพนธ์ กศ.ด. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- อรรถพล คำภู. (2543). การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและความคงทนในการเรียนรู้วิชาคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนด้วยวิธีการสอนแบบอุปนัย วิธีการสอนแบบนิรนัย และวิธีการสอนตามคู่มือครู. ปรินูญานินพนธ์ กศ.ม. (การมัธยมศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ. ถ่ายเอกสาร.
- ฮามีดีะ มุสอ. (2555). การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง กรด-เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. วิทยานิพนธ์ กศ.ม. (วิทยาศาสตร์ศึกษา). กรุงเทพฯ: บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. ถ่ายเอกสาร.
- Abraham, M. R.; Grzybowki, E. B.; & Renner, J. W. (1992). Understandings and misunderstandings of eighth graders of five chemistry concepts found in textbooks. *Journal of Research in Science Teaching*. 29(2): 105–120.
- Acher, A.; Arca, M.; & Sanmati, N. (2007). Modeling as a teaching Learning Process for Understanding Materials : A Case Study in Primary Education. *Science Education* 91: 398–418.
- Adarms, J. A. (1967). *Human Memory*. New York: MCGrew-Hill Book Company.

- Armstrong, D. G.; & Savage, T. V. (1994). *Secondary Education: An Introduction*. 3rd ed. New York: Macmillan, Inc.
- Bahar, M.; Johnstone, A. H.; & Hansell, M. H. (1999). Revisiting Learning Difficulties in biology. *Journal of Biological Education*. 33(2). 84–86.
- Barak, M.; & Farraj, R.H. (2013). Integrating Model-Based Learning and Animations for Enhancing Students' Understanding of Proteins Structure and Function. *Research Science Education*. 43: 619–636.
- Bennett, J. (2005). *Teaching and Learning Science: A Guide to Recent Research and Its Applications*. London, UK: Continuum.
- Brandon, M.; Bailey, S.; & Belderson P. (2010). *Building on the Learning from Serious Case Reviews: a two year analysis of child protection database notifications 2007-2009*. London: Department for Education, DFE-RR040.
- Buckley, B.C.; et al. (2004). Model-based teaching and learning with Biologiga: What do they learn? How do we know?. *Journal of Science Education and Technology*. 13(1): 23–41.
- Campbell, T.; Zhang, D.; & Neilson, D. (2011). Model based inquiry in the High School Physics Classroom: An Exploratory Study of Implementation and Outcomes. *Journal of Science Education Technology*. 20: 258–269.
- Clement, J.; Rea-Ramirez, M. A.; & Nunez-Oviedo, M. C. (2008). An Instructional model derived from model construction and criticism theory. *Model Based Learning and Instruction in Science*. U.S.A.: Springer. p.23–44.
- Custers, E. J. (2010). Long-term retention of basic science knowledge: A review study. *Advance in Health Science Education*. 15(1): 109–128.
- Dresner, M.; et al. (2014). Improving higher-order thinking and knowledge retention in environmental science teaching. *Bioscience*. 64(1): 40–48.
- Dunbar, K. (1999). *Scientific Creativity : From the Encyclopedia of Creativity*. McGIII University: Academic Press.
- Gobert, J. K. (2005). *Visualization in science education*. Netherlands: Springer.
- Gobert, J. K.; & Buckley, B. C. (2000). Introduction to model-based teaching and learning in science education. *International Journal of Science Education*. 22(9): 891–894.

- Gilbert, J. K.; & Ireton, S. W. (2003). *Understanding Models in Earth and Space Science*. Washington, D.C.: NSTA press.
- Glynn, S. M.; Yeany, R. H.; & Briton, A. (1991). A Constructive View of Learning Science. *In the Psychology of Learning Science*. New Jersey: Erlbaum.
- Groesser, S. N.; & Gallen, St. (2012). *Model-Based Learning with System Dynamics*. *Encyclopedia of the Sciences of Learning*. 2303–2310.
- Haidar, A. H. (1997). Prospective chemistry teachers' conception of the conservation of matter and related concepts. *Journal of Research in Science Teaching*. 34(2): 181–197.
- Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement vs traditional methods: A six-thousand-student survey of mechanics test data for introductory physics courses. *American Journal of Physics*. 61(1): 64–74.
- Halloun, I. (1998). Schematic Concepts for Schematic Models of the Real World: The Newtonian Concept of Force. *Science Education*. 82: 239–263.
- Hestenes, D. (1987). Toward a modeling theory of physics instruction. *American Journal of physics*. 55(5): 440–454.
- Hurd, P.D. (1970). *New Directions in Teaching Secondary School Science*. 2nd ed. Chicago: Rand McNally & Company.
- Jia, Q. (2010). A brief study on the implication of constructivism teaching theory on classroom teaching reform in basic education. *International Education Studies*. 3(2): 197–199.
- Justi, R.; & Gilbert, J. K. (2002). Modelling, teachers' views on the nature of modelling, and implications for the education of modellers. *International Journal of Science Education*. 24(4): 369–387.
- Justi, R.; & Gilbert. (2003). Teachers' view on the nature of models. *International Journal of Science Education*. 25(11): 1369–1386.
- Kemmis, S.; & McTaggart, R. (1998). *The Action Research Planner*. Geelong, Victoria: Deakin University press.

- Kuathan, N. (2010). *The Secondary students' mental models of chemical bonding*. The 11th Graduate Research Conference Khon Kaen University (pp. 1176–1190). Khon Kaen: Khon Kaen University.
- Lawson, A. W. (1995). *Scientific teaching and the development of thinking*. CA: Wadsworth.
- Llewellyn, D. (2005). *Teaching High School Science Through Inquiry: A Case Study Approach*. Corwin Press. p.65–87.
- Marek, E. A.; Eubanks, C.; & Gallaher, T. H. (1990). Teachers' understanding and the use of the learning Cycle. *Journal of Research in Science Teaching*. 27(9): 821–834.
- McInerney, D. M.; & McInerney, V. (2002). *Educational psychology: Constructing learning*. 4th ed. Frenchs Forest, NSW: Pearson.
- National Research Council [NRC]. (2000). *Inquiry and the National Science Education Standards: A Guide for Teaching and Learning*. Washington, DC: National Academy.
- Porntrai, S. (2012). *Innovation for Biology Education*. Ubon Ratchathani: Department of Biological Sciences, Faculty of Science, Ubon Ratchathani University.
- Proulx, G. (2004). Integrating scientific method and critical thinking in classroom debates on environmental issues. *The American Biology Teacher*. 66(1): 26–33.
- Reece, J. B.; et al. (2011). *Campbell biology*. 10th ed. United States of America: Pearson Education.
- Schafersman, D.S. (1997). *An introduction to science : scientific thinking and the scientific method*. Retrieved July 18, 2011, from : <http://www.Freeinquiry.com/intro-tosci.html>.
- Schmid, S.; & Bogner, F. X. (2015). Does inquiry–learning support long-term retention of knowledge?. *International Journal of Learning, Teaching and Educational Research*. 10(4): 51–70.
- Shier, D.; Butler, J.; & Lewis, R. (2015). *Hole s Essential of Human Anatomy & Physiology*. 12nd ed. New York: McGraw-Hill Education.
- Spector, M. J. (2012). Model-Facilitated Learning. *Encyclopedia of the Sciences of Learning*. 2316–2320.
- Taber, K. S. (2006). Beyond Constructivism: the Progressive Research Programme into Learning Science. *Studies in Science Education*. 42: 125–184.

- Treagust, D. F. (2006). *Diagnostic assessment in science as a means to improving teaching, learning and retention*. UniServe Science Assessment Symposium Proceedings.
- Westbrook, S. L.; & Marek, E. A. (1992). A cross-age study of student understanding of the concept of homeostasis. *Journal of Research in Science Teaching*. 29(1): 51–61.
- Windschitl, M.; Thompson, J.; & Braaten, M. (2008). Beyond the scientific method: model-based inquiry as a new paradigm of preference for school science investigations. *Science Education*. 92: 941–967.







ภาคผนวก ก

- หนังสือขออนุญาตการใช้จริยธรรมใจมนุษย์
- จริยธรรมในการวิจัย



**หนังสือยืนยันการยกเว้นการรับรอง
คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ**

(เอกสารนี้เพื่อแสดงว่าคณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ ได้พิจารณาโครงการวิจัยนี้)

ชื่อโครงการวิจัย : การพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีผลต่อแนวคิดวิทยาศาสตร์
ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในรายวิชาชีววิทยา

ชื่อหัวหน้าโครงการวิจัย : นางสาวพิมพ์ภัทรา แก้วดี

หน่วยงานต้นสังกัด : คณะวิทยาศาสตร์

รหัสโครงการวิจัย : 042/59X

โครงการวิจัยนี้เป็นโครงการวิจัยที่เข้าข่ายยกเว้น (Research with Exemption from SWUEC)

วันที่ยืนยัน : 1 เมษายน 2559

ยืนยันโดย : คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ

คณะกรรมการจริยธรรมสำหรับพิจารณาโครงการวิจัยที่ทำในมนุษย์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ
ดำเนินการรับรองโครงการวิจัยตามแนวทางหลักจริยธรรมการวิจัยในคนที่เป็นสากล ได้แก่ Declaration of
Helsinki, the Belmont Report, CIOMS Guidelines และ the International Conference on Harmonization in
Good Clinical Practice (ICH-GCP)

ออกให้ ณ วันที่ 4 เมษายน 2559

(ลงชื่อ).....

(อาจารย์ แพทย์หญิงจันทร์ทรา ดนันทย์ยุทธวงศ์)

เลขานุการคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

(ลงชื่อ).....

(แพทย์หญิงสุรีพร ภัทรสุวรรณ)

ประธานคณะกรรมการจริยธรรมการวิจัยในมนุษย์

จริยธรรมในการวิจัย

งานวิจัยเรื่องนี้ ผู้วิจัยได้ตระหนักถึงการใช้จริยธรรมการวิจัยในมนุษย์ จึงได้ดำเนินการตามแนวปฏิบัติตามหลักจริยธรรม ดังนี้

1. หลักความเคารพในบุคคล (respect for person) หลักความเคารพในบุคคล คือ การเคารพในศักดิ์ศรีความเป็นมนุษย์ (respect for human dignity) หลักนี้เป็นพื้นฐานของแนวทางปฏิบัติ ได้แก่

1.1 เคารพในการขอความยินยอมโดยให้ข้อมูลอย่างครบถ้วนและให้นักเรียนตัดสินใจอย่างอิสระปราศจากการข่มขู่ บังคับ หรือให้สินจ้างรางวัล (respect for free and informed consent และ respect to autonomy of decision making)

1.2 เคารพในความเป็นส่วนตัวของนักเรียน (respect for privacy)

1.3 เคารพในการเก็บรักษาความลับของข้อมูลส่วนตัวของนักเรียน (respect for confidentiality) คือ ข้อมูล (data) เป็นวิธีการรักษาความลับของข้อมูล ส่วนตัวของนักเรียน โดยมีข้อจำกัด ข้อมูล เหล่านั้นได้แก่ แบบบันทึกข้อมูล (case report form) ใบยินยอม (consent form) การบันทึกเสียงหรือภาพ มาตรการรักษา ความลับ เช่น ใช้รหัส เก็บในตู้มีกุญแจล็อก (locked cabinet) เก็บในคอมพิวเตอร์ที่มีรหัสผ่าน (password) ข้อมูลส่งทางจดหมายอิเล็กทรอนิกส์ (e-mail) มีการทำให้เป็นรหัส (encrypted)

1.4 เคารพในความเป็นผู้อ่อนด้อย เปราะบาง (respect for vulnerable persons) ความหมายของ ผู้อ่อนด้อย เปราะบาง คือ บุคคลที่ไม่สามารถปกป้องตัวเองได้อย่างเต็มที่ ไม่สามารถทำความเข้าใจกับข้อมูลเกี่ยวกับการวิจัยที่ได้รับ ไม่สามารถตัดสินใจได้โดยอิสระ จึงขออนุญาตและมีลายมือชื่อที่ขอบด้วยกฎหมาย และมีการขออนุญาตบุคคลผู้นั้นด้วย

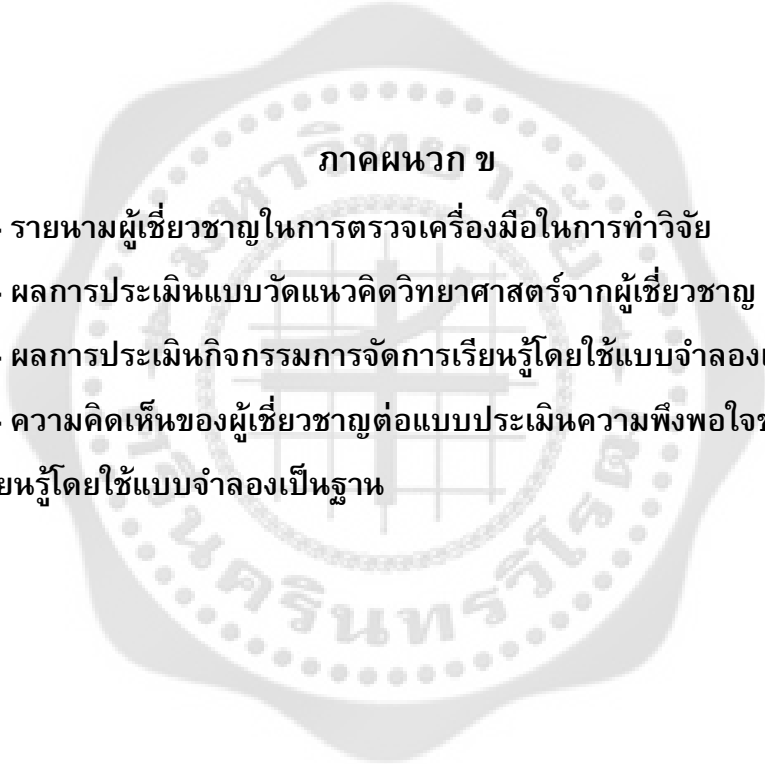
2. หลักคุณประโยชน์ ไม่ก่ออันตราย (beneficence) มีการประเมินความเสี่ยง หรืออันตราย ที่อาจเกิดจากการวิจัย และการประเมินการให้ประโยชน์ โดยระบุว่านักเรียนได้รับประโยชน์อะไร อาจเกิดความเสี่ยงอะไรต่อตัวนักเรียน ผู้วิจัยจะเก็บรักษาความลับของนักเรียน โดยในแบบบันทึกข้อมูลจะไม่มีการระบุถึงตัวนักเรียน

3. หลักความยุติธรรม (justice) การให้ความเป็นธรรมประเมินจากการเลือกนักเรียน (selection of subjects) มีเกณฑ์การคัดเลือก และคัดออกชัดเจน ไม่มีอคติ (selection bias) ไม่เลือกสุ่มตัวอย่างที่หาง่าย ส่งง่าย

จากแนวปฏิบัติตามหลักจริยธรรมในการวิจัยในมนุษย์ข้างต้นผู้วิจัยขอกล่าวว่า การวิจัยนี้ ใช้คนเป็นกลุ่มที่ศึกษาในการวิจัย ซึ่งได้รับความยินยอมจากผู้อำนวยการโรงเรียนผู้สอนในชั้นเรียน ที่เป็นกลุ่มที่ศึกษา และแจ้งผู้ปกครองของผู้เรียนให้ทราบเกี่ยวกับการกระบวนกรดำเนินการวิจัย โดยผู้วิจัยดำเนินการแจ้งขั้นตอนต่าง ๆ ในการดำเนินการวิจัยทุกขั้นตอนกับผู้สอนและผู้เรียนในชั้น

เรียนที่ผ่านการระบวนการชักตัวอย่าง (sampling process) ผู้วิจัยแจ้งชื่อ-นามสกุล เบอร์โทรศัพท์ และอีเมลล์แก่ผู้สอนและผู้เรียนทุกคน แจ้งเหตุผลและความจำเป็นในการศึกษาวิจัย ระยะเวลาและความยาวในการตอบแบบสอบถาม และสิทธิในการเข้าหรือออกจากโครงการได้ตลอดเวลาที่ดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยจะปกปิดชื่อของผู้เรียนและผู้สอนเป็นความลับ โดยใช้นามสมมติ (pseudonym) ในการตีพิมพ์ และผู้วิจัยเท่านั้นที่มีรหัส (password) ในการเข้าถึงข้อมูลการวิจัยที่จัดเก็บในคอมพิวเตอร์เพื่อนำมาใช้ประโยชน์





ภาคผนวก ข

- รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือในการทำวิจัย
- ผลการประเมินแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์จากผู้เชี่ยวชาญ
- ผลการประเมินกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
- ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อ

การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

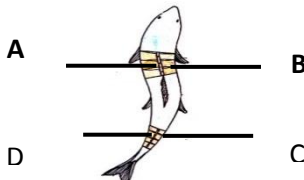
รายนามผู้เชี่ยวชาญในการตรวจเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

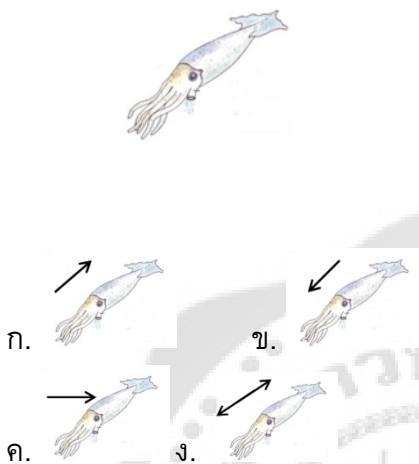
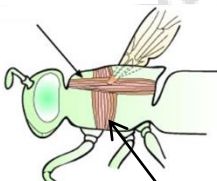
รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบค่าดัชนีความสอดคล้องของเนื้อหาต่อจุดประสงค์ (IOC) ของแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐานและแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่

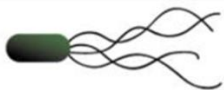
- | | |
|--------------------------------------|---|
| 1. ผศ.ดร.นลินา ประไพรักษ์ | ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 2. ดร.มนตรี มณีภาค | ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 3. รศ.ดร.อัจฉริยา รังษิรุจิ | ภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ |
| 4. ผศ.ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน | ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ บางเขน |
| 5. นางสาวรุ่งลาวัลย์ เจริญรักษ์รัตนะ | โรงเรียนเทพศิรินทร์ กรุงเทพมหานคร |

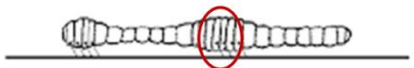
นอกจากนี้ผู้เชี่ยวชาญ ลำดับที่ 1 2 และ 5 ยังตรวจความถูกต้องด้านภาษาของแบบประเมินความพึงพอใจของผู้เรียนต่อการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ตาราง ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ค่าความยาก-ง่าย (p) และค่าอำนาจการจำแนก (r)
เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

ข้อ	คำถาม	ระดับ พฤติกรรม	IOC	p	r	หมายเหตุ
1	การเคลื่อนที่ของนกต้องอาศัยการทำงานของระบบใดบ้าง ก. ระบบกล้ามเนื้อและระบบกระดูก ข. ระบบกล้ามเนื้อและระบบประสาท ค. ระบบประสาทและระบบกระดูก ง. ระบบหายใจและระบบไหลเวียนเลือด	ความรู้	0.2	-	-	ใช้ไม่ได้
2	ขณะที่ปลาว่ายน้ำเคลื่อนที่ดังรูปกล้ามเนื้อในข้อใดทำหน้าที่ได้ถูกต้อง ก. A และ B หดตัว ขณะที่ C และ D คลายตัว ข. A และ D หดตัว ขณะที่ B และ C คลายตัว ค. B และ C หดตัว ขณะที่ A และ D คลายตัว ง. D และ B หดตัว ขณะที่ C และ A คลายตัว 	เข้าใจ	1	0.44	0.36	ใช้ได้

ข้อ	คำถาม	ระดับ พฤติกรรม	IOC	<i>p</i>	<i>r</i>	หมายเหตุ															
3	จากรูปนักเรียนคิดว่าหมึกมีทิศทางการเคลื่อนที่อย่างไร 	เข้าใจ	0.8	0.36	0.41	ใช้ได้															
4	จากรูปในขณะที่แมลงขยับปีกขึ้น การทำงานของกล้ามเนื้อในข้อใดถูกต้อง กล้ามเนื้อตามยาว  กล้ามเนื้อขยับปีกควบคุมบริเวณอก <table border="1" data-bbox="351 1500 785 1789"><thead><tr><th></th><th>กล้ามเนื้อยืด เปลือกบริเวณอก</th><th>กล้ามเนื้อ ตามยาว</th></tr></thead><tbody><tr><td>ก.</td><td>คลาย</td><td>หด</td></tr><tr><td>ข.</td><td>คลาย</td><td>คลาย</td></tr><tr><td>ค.</td><td>หด</td><td>คลาย</td></tr><tr><td>ง.</td><td>หด</td><td>หด</td></tr></tbody></table>		กล้ามเนื้อยืด เปลือกบริเวณอก	กล้ามเนื้อ ตามยาว	ก.	คลาย	หด	ข.	คลาย	คลาย	ค.	หด	คลาย	ง.	หด	หด	เข้าใจ	1	0.53	0.41	ใช้ได้
	กล้ามเนื้อยืด เปลือกบริเวณอก	กล้ามเนื้อ ตามยาว																			
ก.	คลาย	หด																			
ข.	คลาย	คลาย																			
ค.	หด	คลาย																			
ง.	หด	หด																			

ข้อ	คำถาม	ระดับ พฤติกรรม	IOC	<i>p</i>	<i>r</i>	หมายเหตุ
5	นักเรียนคิดว่าสิ่งมีชีวิตดังรูปมีโครงสร้างใดที่ช่วยในการเคลื่อนที่  ก. ซีเลีย ข. แฟลเจลลา ค. เซนทริโอล ง. เซนโทริเมียร์	การนำไปใช้	0.6	0.40	0.46	ใช้ได้
6	นักเรียนคิดว่าสิ่งมีชีวิตดังรูปมีการเคลื่อนที่แบบใด  ก. amoeboid movement ข. water vascular system ค. peristalsis ง. pseudopodium	การนำไปใช้	0.6	0.51	0.43	ใช้ได้
7	จงบอกความแตกต่างเกี่ยวกับโครงสร้างที่ช่วยในการเคลื่อนที่ระหว่างพลาเนเรียและพยาธิตัวกลม ก. พลาเนเรียมีกล้ามเนื้อและกล้ามเนื้อตามยาว ส่วนพยาธิตัวกลมมีเพียงกล้ามเนื้อตามยาวเท่านั้น ข. พลาเนเรียมีเพียงกล้ามเนื้อตามยาวเท่านั้น ส่วนพยาธิตัวกลมมีกล้ามเนื้อและกล้ามเนื้อตามยาว ค. พลาเนเรียมีซีเลียช่วยในการเคลื่อนที่ ส่วนพยาธิตัวกลมใช้เนื้อเยื่อขบกระดิ่งในการเคลื่อนที่ ง. พลาเนเรียมีใช้กล้ามเนื้อในการเคลื่อนที่ ส่วนพยาธิตัวกลมใช้กล้ามเนื้อตามยาวในการเคลื่อนที่	เข้าใจ	1	0.93	0.16	ใช้ไม่ได้

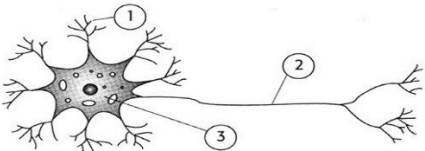
ข้อ	คำถาม	ระดับ พฤติกรรม	IOC	p	r	หมายเหตุ
8	จากรูปบริเวณที่วงกลมไว้มีการทำงานของกล้ามเนื้ออย่างไร  ก. กล้ามเนื้อหดตัวตัว กล้ามเนื้อตามยาวคลายตัว ข. กล้ามเนื้อคลายตัว กล้ามเนื้อตามยาวคลายตัว ค. กล้ามเนื้อหดตัว กล้ามเนื้อตามยาวหดตัว ง. กล้ามเนื้อคลายตัว กล้ามเนื้อตามยาวหดตัว	ความรู้	0.8	0.96	0.32	ใช้ไม่ได้
9	โครงสร้างที่ใช้ในการเคลื่อนที่ใดที่ทำงานในสภาวะตรงกันข้ามกัน (antagonism) ก. เนื้อเยื่อขอบกระดิ่งและเนื้อเยื่อที่ผนังลำตัวของแมงกะพรุน ข. ไส้พอนและหนวดของปลาหมึก ค. กล้ามเนื้อตามยาวและกล้ามเนื้อของแมลง ง. แฟลเจลลัมและซิเลียของแบคทีเรีย	เข้าใจ	1	0.98	0.26	ใช้ไม่ได้
10	โครงสร้างที่ช่วยในการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตในข้อใดมีไมโครทิวบูลช่วยในการทำงาน ก. แฟลเจลลัมของแบคทีเรียบางชนิด ข. เตือยของไส้เดือนดิน ค. เซนทริโอลของเซลล์ตับ ง. air sac ของนก	เข้าใจ	0.8	1.00	0.00	ใช้ไม่ได้

ข้อ	คำถาม	ระดับ พฤติกรรม	IOC	p	r	หมายเหตุ
11	สิ่งมีชีวิตกลุ่มใดที่มีหลักการเคลื่อนที่เหมือนกัน ก. พลานาเรีย ไส้เดือนดิน ข. แมงกะพรุน ดาวทะเล ค. อะมีบา พลานาเรีย ง. พลานาเรีย คน	เข้าใจ	1	0.42	0.32	ใช้ได้
12	จากรูปนักเรียนคิดว่ากล้ามเนื้อที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่มีการทำงานอย่างไรบ้าง  ก. กล้ามเนื้อยกปีกและกล้ามเนื้อกดปีกหดตัว ข. กล้ามเนื้อยกปีกและกล้ามเนื้อกดปีกคลายตัว ค. กล้ามเนื้อยกปีกหดตัว กล้ามเนื้อกดปีกคลายตัว ง. กล้ามเนื้อยกปีกคลายตัว กล้ามเนื้อกดปีกหดตัว	การนำไปใช้	0.8	0.58	0.54	ใช้ได้
13	จากรูปนักเรียนคิดว่าการทำงานที่ยู่สามารถงอขาได้ เกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อใด  ก. flexor หด extensor คลาย ข. flexor คลาย extensor หด ค. flexor และ extensor คลาย ง. กล้ามเนื้อวงและกล้ามเนื้อตามยาวหด	การนำไปใช้	0.8	0.38	0.35	ใช้ได้

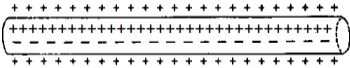
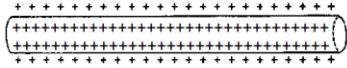
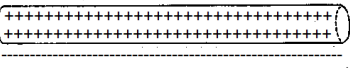
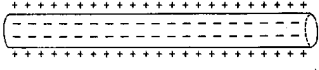
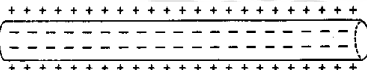
ข้อ	คำถาม	ระดับ พฤติกรรม	IOC	<i>p</i>	<i>r</i>	หมายเหตุ
14	ยูกลีนา มีแฟลเจลลัมเส้นเดียว อยู่ที่ปลายทางด้านหน้าสุดของเซลล์ ถ้ายูกลีนาโบกแฟลเจลลัมจากแนวตั้งตรงมาทางด้านหน้า จะทำให้เกิดการเคลื่อนที่ลักษณะใด ก. ถอยหลัง ข. ไปด้านข้าง ค. ไปด้านหน้า ง. หมุนตัวเป็นวงกลม	เข้าใจ	0.6	0.56	0.38	ใช้ได้
15	สิ่งมีชีวิตในข้อใดที่มีลักษณะการทำงานของกล้ามเนื้อเป็นแบบแอนตาโกนิซึม (antagonism) ก. อะมีบา พารามีเซียม ข. ยูกลีนา ปลา ค. แมงกะพรุน วอลวอกซ์ ง. พลาณาเรีย ไส้เดือนดิน	เข้าใจ	1	0.60	0.34	ใช้ได้

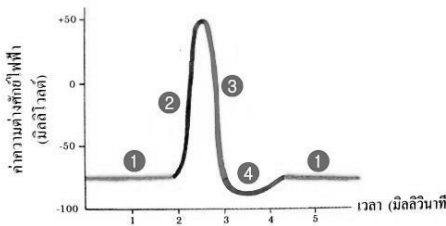
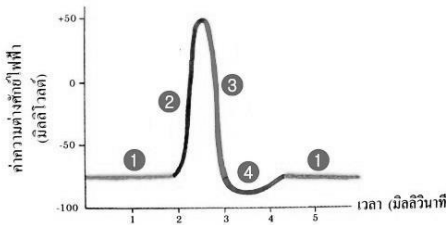
หมายเหตุ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (reliability) เท่ากับ 0.46

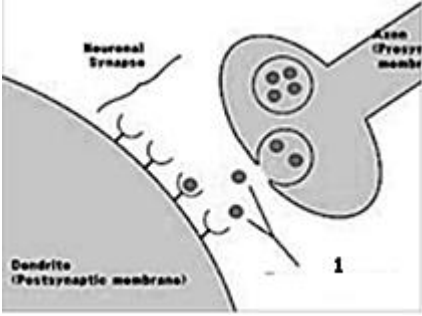
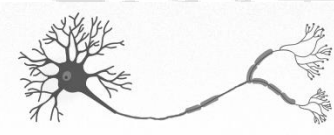
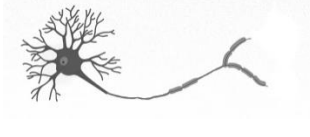
ตาราง ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ค่าความยาก-ง่าย (p) และค่าอำนาจการจำแนก (r)
เรื่อง เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท

ข้อ	คำถาม	ระดับ พฤติกรรม	IOC	p	r	หมายเหตุ
1	จากรูปข้อใดกล่าวได้ถูกต้อง  ก. หมายเลข 1 คือ เดนไดรต์ ทำหน้าที่ส่งสัญญาณประสาท ข. หมายเลข 1 คือ เดนไดรต์ ทำหน้าที่รับสัญญาณประสาทเข้ามายังตัวเซลล์ ค. หมายเลข 2 คือ ซิแนปติกเคลฟท์ (synaptic cleft) เป็นบริเวณที่มีการเกิดไซแนปส์ (synapse) ง. หมายเลข 3 คือ ตัวเซลล์ ทำหน้าที่รับและส่งประสาท	เข้าใจ	1	0.53	0.36	ใช้ได้
2	ข้อใดกล่าวถูกต้อง ก. เซลล์รูปดาว ช่วยในการนำอาหารและก๊าซจากหลอดเลือดฝอยมายังเซลล์ประสาท ข. เซลล์ชวันน์ ทำหน้าที่สร้างเยื่อหุ้มไมอีลินในระบบประสาทส่วนกลาง ค. เซลล์ไมโครเกลีย ทำหน้าที่โบกพัดน้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลัง ง. เซลล์ฟาเรนคิม่า ทำหน้าที่สะสมอาหารให้กับเซลล์ประสาท	ความรู้	1	0.09	0.23	ใช้ไม่ได้

ข้อ	คำถาม	ระดับ พฤติกรรม	IOC	<i>p</i>	<i>r</i>	หมายเหตุ
3	ข้อใดกล่าวถูกต้อง ก. เดนไดรต์ทำหน้าที่ส่งสัญญาณ ประสาทจากตัวเซลล์ไปยังเซลล์ถัดไป ข. แขนงประสาทประกอบด้วยแอกซอนและเซลล์ชวันน์ ค. เซลล์ประสาทประกอบด้วยตัวเซลล์และเส้นใยประสาท ง. ภายในตัวเซลล์ไม่มีออร์แกเนลล์ใด	ความจำ	1	0.58	0.36	ใช้ได้
4	ข้อใดกล่าวถูกต้อง ก. ด้านนอกเซลล์ประสาทจะมีประจุลบ ข. ด้านในเซลล์ประสาทจะมีประจุบวก ค. ทั้งด้านนอกและในเซลล์ประสาทมีประจุลบ ง. ด้านในเซลล์ประสาทมีประจุลบ	ความจำ	1	0.47	0.54	ใช้ได้
5	ข้อใดกล่าวถึงการทำงานของเซลล์ประสาทได้ถูกต้อง ก. ระยะพักจะไม่มีเกิด Na - K pump ข. การเกิด depolarization คือการที่ประจุ K^+ เปิด ทำให้ K^+ ไหลออกนอกเซลล์ ค. การเกิด repolarization คือ ประจุ K^+ เปิด ทำให้ K^+ ไหลออกนอกเซลล์ ง. hyperpolarization คือ ภาวะการมีขั้วต่างกันมาก ๆ	เข้าใจ	1	0.47	0.41	ใช้ได้

ข้อ	คำถาม	ระดับ พฤติกรรม	IOC	p	r	หมายเหตุ
6	ภาพในข้อใดที่บอกได้ว่าเซลล์อยู่ในระยะพัก (resting stage) ของเซลล์ประสาท ก.  ข.  ค.  ง. 	เข้าใจ	1	0.13	0.26	ใช้ไม่ได้
7	จากภาพนักเรียนบอกได้หรือไม่ว่า กระแสประสาทจะเคลื่อนไปทางทิศทางใด เมื่อหมายเลข 1 คือ เดนไดรต์ และ หมายเลข 2 คือ แอกซอน 1  2 ก. →→ ข. ←← ค. ↓ ง. ↗	เข้าใจ	1	0.47	0.48	ใช้ได้

ข้อ	คำถาม	ระดับ พฤติกรรม	IOC	<i>p</i>	<i>r</i>	หมายเหตุ
8	จากกราฟจงตอบคำถามดังต่อไปนี้  ช่วงของกราฟหมายเลขใดเกิดการ depolarization ก. 1 ข. 2 ค. 3 ง. 4	เข้าใจ	1	0.47	0.31	ใช้ได้
9	จากกราฟจงตอบคำถามดังต่อไปนี้  หมายเลขใดเกิดเหตุการณ์ดังนี้ “ประตูลูก Na^+ ปิด แต่ ประตูลูก K^+ เปิดแทนทำให้ K^+ ไหลออกนอกเซลล์” ก. 1 ข. 2 ค. 3 ง. 4	เข้าใจ	1	0.56	0.58	ใช้ได้
10	สารใดที่ทำให้ถุงบรรจุสารสื่อประสาท เกิด exocytosis ก. Ca^{2+} ข. Na^+ ค. K^+ ง. H^+	ความรู้	1	0.09	0.27	ใช้ไม่ได้

ข้อ	คำถาม	ระดับ พฤติกรรม	IOC	<i>p</i>	<i>r</i>	หมายเหตุ
11	จากภาพ หมายเลข 1 คือ  ก. สารสื่อประสาท ข. กระแสประสาท ค. ซีแนปติกเซลล์ ง. แอ็กซอน	เข้าใจ	1	0.53	0.62	ใช้ได้
12	นักเรียนคิดว่าเซลล์ประสาทในข้อใดสามารถส่งกระแสประสาทได้เร็วที่สุด ก.  ข.  ค.  ง. 	เข้าใจ	1	0.93	0.16	ใช้ไม่ได้

ข้อ	คำถาม	ระดับ พฤติกรรม	IOC	<i>p</i>	<i>r</i>	หมายเหตุ
13	ถ้าตีแขนซ้ำ ๆ เดิมหลาย ๆ ครั้ง จะมีผลต่อเซลล์ประสาทบริเวณนั้นอย่างไร ก. เกิดกระแสประสาทที่แรงมากยิ่งขึ้น ข. ทำให้เยื่อหุ้มไมอิลินเสียหาย ค. ไม่เกิดกระแสประสาท ง. ทำให้สารสื่อประสาททำงานดีขึ้น	การนำไปใช้	0.8	0.53	0.27	ใช้ได้
14	สารสื่อประสาท (neurotransmitter) ปลดปล่อยจากปลายแอกซอนของเซลล์ประสาทเข้าสู่ซินแนปติกเคลฟท์ด้วยกลไกใด ก. diffusion ข. endocytosis ค. exocytosis ง. osmosis	ความรู้	1	0.87	0.09	ใช้ไม่ได้
15	กานดารู้สึกชาเมื่อได้รับประทานปลาปักเป้าเข้าไป นักเรียนคิดว่าเกิดจากสาเหตุใด และเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น ก. พิษจากปลาปักเป้าไปยับยั้งประตูดู K^+ ทำให้ส่งต่อกระแสประสาทไม่ได้ ข. พิษจากปลาปักเป้าไปยับยั้งประตูดู Na^+ ทำให้ส่งต่อกระแสประสาทไม่ได้ ค. พิษจากปลาปักเป้าไปยับยั้งประตูดู Na-K pump ทำให้ส่งต่อกระแสประสาทไม่ได้ ง. พิษจากปลาปักเป้าไปยับยั้งการหลั่งสารสื่อประสาท ทำให้ส่งต่อกระแสประสาทไม่ได้	การนำไปใช้	1	0.56	0.27	ใช้ได้

หมายเหตุ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (reliability) เท่ากับ 0.48

ตาราง ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ค่าความยาก-ง่าย (p) และค่าอำนาจการจำแนก (r)
เรื่อง ฮอร์โมนเพศ

ข้อ	คำถาม	ระดับ พฤติกรรม	IOC	p	r	หมายเหตุ
1	ข้อความต่อไปนี้ถูกต้อง ก.ฮอร์โมนเพศชาย คือ ฮอร์โมน เอสโตรเจน ข. ฮอร์โมนเพศหญิง คือ เอสโตร- เจน และโปรเจสเตอโรน ค. ฮอร์โมนเพศหญิง คือ FSH ง. ฮอร์โมนชาย คือ เมลาโทนิน	ความรู้	1	0.49	0.40	ใช้ได้
2	ฮอร์โมนที่สร้างมาจากเซลล์เลดิก (leydig cell) ก. เทสโทสเตอโรน ข. เอสโตรเจน ค. โปรเจสเตอโรน ง. ออกซิโทซิน	ความรู้	1	0.84	0.35	ใช้ไม่ได้
3	มีคนอยู่คนหนึ่ง เมื่อเข้าสู่วัยรุ่นหน้ามี เสียงที่เล็ก มีขนขึ้นตรงบริเวณหัวเหน่า และสะโพกผาย นักเรียนคิดว่าคน ๆ นั้นเป็นเพศหญิงหรือเพศชาย และ เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นกับร่างกายเขาเกิด จากฮอร์โมนอะไร ก. เพศชาย เกิดจากฮอร์โมนเทส- โทสเตอโรน ข. เพศหญิง เกิดจากฮอร์โมน FSH ค. เพศชาย เกิดจากฮอร์โมน LH ง. เพศหญิง เกิดจากฮอร์โมน เอสโตรเจน	การ นำไปใช้	0.8	0.71	0.34	ใช้ได้

ข้อ	คำถาม	ระดับ พฤติกรรม	IOC	<i>p</i>	<i>r</i>	หมายเหตุ
4	จากภาพจงตอบคำถาม เหตุใดระยะก่อนไข่ตกฮอร์โมนจาก LH ถึงหลั่งออกมาในปริมาณสูง ก. เพื่อกระตุ้นการสร้างฟอลลิเคิล ข. เพื่อกระตุ้นการสร้างคอร์ปัสลูเทียม ค. เพื่อกระตุ้นให้ไข่ตก ง. เพื่อสร้างเซลล์อสุจิ	เข้าใจ	1	0.67	0.37	ใช้ได้
5	ระยะหลังตกไข่แล้วหากไข่ไม่ได้รับการผสม นักเรียนคิดว่าจะมีผลอย่างไร ก. คอร์ปัสลูเทียมสลายทำให้เยื่อบุผนังมดลูกสลายกลายเป็นประจำเดือน ข. ฟอลลิเคิลสลายทำให้เยื่อบุผนังมดลูกสลายกลายเป็นประจำเดือน ค. เซลล์ไข่สลายทำให้เยื่อบุผนังมดลูกสลายกลายเป็นประจำเดือน ง. เซลล์อสุจิสลายทำให้เยื่อบุผนังมดลูกสลายกลายเป็นประจำเดือน	เข้าใจ	1	0.64	0.44	ใช้ได้
6	ระยะหลังตกไข่แล้วหากไข่ได้รับการผสม นักเรียนคิดว่าจะมีผลต่อปริมาณฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนอย่างไร ก. ลดลง ข. เพิ่มขึ้น ค. คงที่ ง. ติดลบ	เข้าใจ	1	0.27	0.26	ใช้ได้

ข้อ	คำถาม	ระดับ พฤติกรรม	IOC	<i>p</i>	<i>r</i>	หมายเหตุ
7	จากภาพระยะหลังตกไข่แล้วหากไข่ ไม่ได้รับการผสม นักเรียนคิดว่า ฮอร์โมนใดจะลดระดับลง ก. โปรเจสเตอโรน FSH LH และ estrogen ข. โปรเจสเตอโรน FSH และ LH ค. โปรเจสเตอโรน FSH และ เอสโตรเจน ง. เทสโทสเตอโรน และเอสโตรเจน	เข้าใจ	1	0.27	0.53	ใช้ได้
8	ฮอร์โมนที่ควบคุมการหลั่งฮอร์โมน FSH และ LH และสร้างจากแหล่งใด ก. ฮอร์โมน gonadotropin releasing hormone สร้างจากต่อมใต้ สมองส่วนหน้า ข. ฮอร์โมน gonadotropin releasing hormone สร้างจากต่อมใต้ สมองส่วนหลัง ค. ฮอร์โมน gonadotropin releasing hormone สร้างจาก hypothalamus ง. ฮอร์โมน gonadotropin releasing hormone สร้างจากสมอง ส่วนหน้า	ความรู้	1	0.78	0.45	ใช้ไม่ได้

ข้อ	คำถาม	ระดับ พฤติกรรม	IOC	<i>p</i>	<i>r</i>	หมายเหตุ
9	มารีเป็นน้องอกในปีกมดลูกทำให้หมอต้องตัดปีกมดลูกข้างนั้นทิ้ง นักเรียนคิดจะมีผลต่อการสร้างฮอร์โมนเอสโตรเจนและโปรเจสเตอโรนของมารีหรือไม่ ก. ไม่มี เพราะยังมีปีกมดลูกอีกข้างหนึ่งที่สามารถผลิตฮอร์โมนได้ ข. ไม่มี เพราะฮอร์โมนดังกล่าวไม่ได้ถูกสร้างในปีกมดลูก ค. มี เพราะเพศหญิงมีปีกมดลูกเพียงข้างเดียว ง. มี เพราะจะทำให้สร้างฮอร์โมนได้น้อยลง	การนำไปใช้	1	0.69	0.24	ใช้ได้
10	พรรษาได้ซื้อที่ตรวจครรภ์มาตรวจแล้วพบว่าเธอท้อง นักเรียนคิดว่าเครื่องตรวจครรภ์ที่พรรษาใช้สามารถตรวจฮอร์โมนชื่อว่าอะไร และผลิตมาจากแหล่งใด ก. Human chorionic gonadotrophin ผลิตจาก corpus luteum ข. Human chorionic gonadotrophin ผลิตจาก รก ค. progesterone ผลิตจากรไข่-เทียม ง. เอสโตรเจน ผลิตจากรไข่-เทียม	การนำไปใช้	1	0.44	0.47	ใช้ได้

ข้อ	คำถาม	ระดับ พฤติกรรม	IOC	p	r	หมายเหตุ
11	อดิเทพเป็นเนื้องอกในต่อมใต้สมองส่วนหน้า นักเรียนคิดว่าร่างกายของเขาจะ<u>ไม่</u>สามารถสร้างฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับฮอร์โมนเพศได้ ก. FSH LH และเทสโทสเตอโรน ข. gonadotropin releasing hormone ค. FSH LH และ เอสโตรเจน ง. เอสโตรเจน และโปรเจสเตอโรน	เข้าใจ	0.6	0.82	0.12	ใช้ไม่ได้
12	คมสันมีลักษณะเพศชายในขั้นที่สอง นั่นก็คือ มีลูกกระเดือกแหลม เสียงแตก มีขนขึ้นตรงอวัยวะเพศตั้งแต่อายุ 8 ขวบ แม่ของคมสันจึงพาคมสันไปหาหมอ หมอวินิจฉัยว่าคมสันมีฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนสูงผิดปกติ นักเรียนคิดว่า การที่คมสันมีฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนสูงผิดปกติเกิดจากสาเหตุใด ก. มีเนื้องอกที่อัณฑะ ข. มีเนื้องอกที่เซลล์เลย์ดิก ค. มีเนื้องอกที่ seminiferous tubule ง. เนื้องอกที่รังไข่	การนำไปใช้	0.6	0.40	0.46	ใช้ไม่ได้
13	ฮอร์โมนที่กระตุ้นให้ LH หลั่งในเพศหญิงคือฮอร์โมนใด ก. โปรเจสเตอโรน ข. เทสโทสเตอโรน ค. เอสโตรเจน ง. แคลซิโทนิน	ความรู้	1	0.82	0.38	ใช้ไม่ได้

ข้อ	คำถาม	ระดับ พฤติกรรม	IOC	<i>p</i>	<i>r</i>	หมายเหตุ
14	ข้อใดถูกต้องมากที่สุด ก. ฮอร์โมน FSH เป็นฮอร์โมนที่ หลังจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า ข. ฮอร์โมน LH เป็นฮอร์โมนที่หลัง จากต่อมใต้สมองส่วนหลัง ค. ฮอร์โมนโปรเจสเตอโรนเป็น ฮอร์โมนที่หลังจากรังไข่ ง. ฮอร์โมนเอสโตรเจนเป็นฮอร์โมน ที่หลังจากคอปัสสุเทียม	ความรู้	1	0.82	0.22	ใช้ไม่ได้
15	ข้อใดกล่าวถึงการเป็นประจำเดือนของเพศ หญิงได้ถูกต้อง ก. เกิดจากการตกไข่ของรังไข่ ข. เกิดจากไข่ไม่ได้รับการผสมทำให้เยื่อ บุผนังมดลูกหลุดลอกออก ค. เกิดจากคอปัสสุเทียมไม่หลังฮอร์โมน ง. เกิดจากฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนไม่หลัง	เข้าใจ	1	0.47	0.37	ใช้ได้

หมายเหตุ ค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (reliability) เท่ากับ 0.53

ตาราง ค่าดัชนีความสอดคล้องของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (IOC)
เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

ประเด็นที่ประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	
กิจกรรมการเรียนรู้อ่านแล้วเข้าใจง่าย สามารถจัดกิจกรรมได้ตามแผน	+1	+1	+1	+1	+1	1
กิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	+1	+1	0	0	+1	0.6
กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหา	+1	+1	+1	0	+1	0.8
กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	1
กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลาที่ กำหนด	+1	+1	+1	+1	+1	1
กิจกรรมมีคำถามที่ส่งเสริมแนวคิดให้กับ ผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	1
สื่อการเรียนรู้มีความหลากหลาย	+1	+1	+1	0	+1	0.8

ตาราง ค่าดัชนีความสอดคล้องของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (IOC)
เรื่อง เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท

ประเด็นที่ประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	
กิจกรรมการเรียนรู้อ่านแล้วเข้าใจง่าย สามารถจัดกิจกรรมได้ตามแผน	+1	+1	+1	+1	+1	1
กิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	+1	+1	0	0	+1	0.6
กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหา	+1	+1	+1	0	+1	0.8
กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับ จุดประสงค์การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	1
กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลาที่ กำหนด	+1	+1	+1	+1	+1	1
กิจกรรมมีคำถามที่ส่งเสริมแนวคิดให้กับ ผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	1
สื่อการเรียนรู้มีความหลากหลาย	+1	+1	+1	0	+1	0.8

ตาราง ค่าดัชนีความสอดคล้องของกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน (IOC)
เรื่อง ฮอว์โมนเพศ

ประเด็นที่ประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	
กิจกรรมการเรียนรู้อ่านแล้วเข้าใจง่าย สามารถจัดกิจกรรมได้ตามแผน	+1	+1	+1	+1	+1	1
กิจกรรมการเรียนรู้เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ	+1	+1	0	0	+1	0.6
กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเนื้อหา	+1	+1	+1	0	+1	0.8
กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับจุดประสงค์ การเรียนรู้	+1	+1	+1	+1	+1	1
กิจกรรมการเรียนรู้เหมาะสมกับเวลาที่ กำหนด	+1	+1	+1	+1	+1	1
กิจกรรมมีคำถามที่ส่งเสริมแนวคิดให้กับ ผู้เรียน	+1	+1	+1	+1	+1	1
สื่อการเรียนรู้มีความหลากหลาย	+1	+1	+1	0	+1	0.8

ตาราง ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญต่อแบบประเมินความพึงพอใจของนักเรียนต่อการจัดการ
เรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน

รายการประเมิน	ความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			สรุป
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	
1. นักเรียนเกิดความสงสัยและตั้งประเด็นคำถามกับเรื่องที่เรียน ก่อนจะสร้างเป็นแบบจำลองเบื้องต้น	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย
2. นักเรียนได้นำความรู้เดิมมาสร้างเป็นแบบจำลองเบื้องต้น	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย
3. หลังจากที่นักเรียนได้ศึกษาหาข้อมูลเพิ่มเติมสำรวจ ตรวจสอบ เก็บรวบรวมข้อมูล แลกเปลี่ยนความรู้เพื่อน จนได้ข้อมูลและหลักฐานใหม่ นักเรียนได้นำข้อมูลนั้น ไปปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองเบื้องต้น	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย
4. การได้มาซึ่งข้อมูลและหลักฐานที่จะใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ นักเรียนได้ทำกิจกรรมด้วยตนเอง	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย
5. การได้มาซึ่งข้อมูลและหลักฐานที่จะใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ นักเรียนได้ทำกิจกรรมร่วมกับกลุ่ม	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย
6. หลังจากการเรียนรู้วิธีการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน นักเรียนไม่สามารถอธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้อย่างมีเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย
7. นักเรียนสามารถนำแบบจำลองมาให้เหตุผลในเรื่องที่เรียนได้อย่างถูกต้อง	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย
8. การสร้างแบบจำลองทำให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยงความรู้ใหม่และความรู้เดิม ของนักเรียนได้	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย
9. นักเรียนสามารถนำแบบจำลองที่ได้เรียนไปมาสรุปความรู้ที่ได้เรียนแต่ละหัวเรื่องได้อย่างถูกต้อง	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย
10. นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้รับไปใช้ในการเรียนวิชาชีววิทยาในหัวเรื่องอื่น ๆ ได้	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย	เห็นด้วย

ภาคผนวก ค

- แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เซลล์ประสาทและการ
ทำงานของเซลล์ประสาท และฮอร์โมนเพศ

แผนการจัดการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา 2 รหัสวิชา ว 30244
 หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต ระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
 เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เวลา 4 คาบ 200 นาที (คาบละ 50 นาที)

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาโครงสร้างและอวัยวะที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ของสัตว์และมนุษย์ ศึกษากระบวนการประสาทและอวัยวะรับรู้ความรู้สึก การรับรู้และตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ของสัตว์และมนุษย์ เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท สมอและไขสันหลังที่เป็นศูนย์ควบคุมระบบประสาท การทำงานของระบบประสาท โสมาติกและระบบประสาทอัตโนมัติ โครงสร้างและการทำงานของอวัยวะรับรู้ความรู้สึกที่เกี่ยวกับนัยน์ตากับการมองเห็น หูกับการได้ยิน จมูกกับการดมกลิ่น ลิ้นกับการรับรส และผิวหนังกับการรับรู้ความรู้สึก ศึกษากระบวนการต่อมไร้ท่อ โครงสร้างและการทำงานของต่อมไร้ท่อ ฮอรโมนจากต่อมไร้ท่อและอวัยวะที่สำคัญ การรักษาสุขภาพของร่างกายด้วยฮอรโมนและฟีโรโมนในสัตว์ ศึกษาพฤติกรรมของสัตว์ กลไกการเกิดพฤติกรรมของสัตว์ พฤติกรรมเป็นมาแต่กำเนิดและพฤติกรรมเรียนรู้ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมกับพัฒนาการของระบบประสาท การสื่อสารระหว่างสัตว์โดยการใช้เสียง ท่าทาง และสารเคมี โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต การวิเคราะห์ การทดลอง อภิปราย การอธิบาย และสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเองมีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยม

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1. สืบค้นข้อมูล ทดลอง อภิปราย และสรุปเกี่ยวกับการรักษาสุขภาพของร่างกายสัตว์และมนุษย์โดยการทำงานของระบบหายใจ ระบบขับถ่าย ระบบหมุนเวียนเลือด ระบบน้ำเหลือง และระบบภูมิคุ้มกัน
2. สืบค้นข้อมูล ทดลอง อภิปราย และสรุปเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต
3. สืบค้นข้อมูล ทดลอง อภิปราย และสรุปเกี่ยวกับการทำงานของระบบประสาทและอวัยวะรับรู้ความรู้สึก
4. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และสรุปเกี่ยวกับการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อในร่างกาย
5. สืบค้นข้อมูล ทดลอง อภิปราย และสรุปเกี่ยวกับพฤติกรรมของสัตว์

สาระสำคัญ

สิ่งมีชีวิตมีโครงสร้างที่ใช้ในการเคลื่อนที่แตกต่างกัน สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวบางชนิดเคลื่อนที่โดยการไหลของไซโทพลาสซึมเป็นแท่งเทียม เช่น อะมีบา บางชนิดเคลื่อนที่โดยอาศัยการพัดโบกของแฟลเจลลัม เช่น ยูกลีนา หรือบางชนิดเคลื่อนที่โดยอาศัยซิเลีย เช่น พารามีเซียม ส่วนสิ่งมีชีวิตหลายเซลล์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง เช่น แมงกะพรุนอาศัยการหดตัวของเนื้อเยื่อขอบกระดิ่งและแรงดันน้ำ หมึกใช้กล้ามเนื้อบริเวณลำตัวและแรงดันน้ำ ดาวทะเลเคลื่อนที่โดยอาศัยแรงดันของน้ำและระบบท่อน้ำภายในร่างกาย ไส้เดือนใช้เดือยและการทำงานของกล้ามเนื้อผนังลำตัวสองชุดทำงานในสภาวะตรงกันข้าม แมลงใช้กล้ามเนื้อสองชุดทำงานในสภาวะตรงกันข้ามทั้งที่ขาและที่ปีก เช่นเดียวกัน สำหรับสัตว์มีกระดูกสันหลังเช่น ปลาอาศัยครีบและกล้ามเนื้อที่ยึดติดกระดูกสันหลังทั้งสองข้างเคลื่อนที่โดยอาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อและโครงกระดูก

มนุษย์เคลื่อนที่โดยอาศัยการทำงานของระบบโครงกระดูกและระบบกล้ามเนื้อ กระดูกแต่ละชิ้นเชื่อมต่อกันด้วยข้อต่อ กล้ามเนื้อแต่ละคู่ที่ยึดติดกับกระดูกทำงานร่วมกันในสภาวะตรงกันข้าม

จุดประสงค์การเรียนรู้

หลังจากเรียนบทเรียนนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ

1. อธิบายโครงสร้างและกลไกการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ได้แก่ โพรทิสต์ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง และสัตว์มีกระดูกสันหลังบางชนิด (K)
2. จำแนกลักษณะการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ได้แก่ โพรทิสต์ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง และสัตว์มีกระดูกสันหลังบางชนิดได้ (K)
3. สร้างแบบจำลองในการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตบางชนิดได้ (P)
4. มีความร่วมมือในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน (A)

สาระการเรียนรู้

1. สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว มีการเคลื่อนที่โดยใช้ไซโทพลาสซึม ซิเลีย และแฟลเจลลัม เช่น แบคทีเรีย โพรทิสต์
2. แมงกะพรุนใช้การหดขอบกระดิ่งในการเคลื่อนที่ และมีมิโซเกลียช่วยในการบังคับทิศทาง
3. หมึกใช้ท่อไซฟอนพ่นน้ำออก เพื่อดันให้ลำตัวเคลื่อนที่ไปทิศทางตรงข้ามของน้ำที่พ่นออก

4. ดาวทะเล อาศัยแรงดันของน้ำในระบบท่อน้ำ ที่มีทิวป์พีทสามารถยืดยาวออกและหดสั้นลงและตรงปลายมีแผ่นดูดช่วยในการยึดเกาะ

5. ไส้เดือนดินเคลื่อนที่โดยใช้การหด คลายกล้ามเนื้อและกล้ามเนื้อตามยาวสลับกัน เรียกการเคลื่อนที่แบบนี้ว่าแอนทาโกนิซึม (antagonism) นอกจากนี้ไส้เดือนยังมีปาก และเดือยช่วยในการเคลื่อนที่

6. แมลงมีการเคลื่อนที่โดยกล้ามเนื้อบริเวณขา 2 ชุด เรียกว่าเอ็กซ์เทนเซอร์ (extensor) กับ เฟล็กเซอร์ (flexor) ที่ทำงานสภาวะตรงข้ามกัน ทำให้ขาแมลงสามารถทำงานได้ อีกทั้งยังมีกล้ามเนื้อตามยาวและกล้ามเนื้อยึดเปลือกหุ้มส่วนอกที่ทำให้แมลงสามารถขยับปีกได้

7. ปลาจะมีกล้ามเนื้อที่ยึดติดกระดูกสันหลัง มีการหดตัวและคลายตัวในกล้ามเนื้อแต่ละส่วนไม่พร้อมกันทำให้ปลาวว่ายน้ำได้

8. นกสามารถบินได้โดยใช้กล้ามเนื้อ 2 ชุดที่ยึดระหว่างกระดูกโคนปีกและกระดูกอกที่ทำงานสภาวะตรงข้ามกัน

กระบวนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 การมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถาม (40 นาที)

1. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต (15 นาที)

2. ครูถามนักเรียนเพื่อดึงความรู้เดิมของนักเรียนออกมา โดยใช้คำถามดังต่อไปนี้ (10 นาที)

- สิ่งมีชีวิต หมายถึงอะไร และมีคุณสมบัติอะไรบ้าง (หน่วยที่ต้องใช้พลังงานและพลังงานที่ใช้ันั้นต้องเกิดจากปฏิกิริยาเคมีในเซลล์หรือในร่างกายสิ่งมีชีวิตชนิดนั้น ๆ ซึ่งมีคุณสมบัติดังนี้ มีการสืบพันธุ์ ต้องการสารอาหารและพลังงาน มีการเจริญเติบโต มีอายุขัยและขนาดจำกัด)

- นักเรียนคิดว่าการต่างจากการเคลื่อนไหวยังไง (การเคลื่อนที่ คือ การเคลื่อนย้ายจากที่หนึ่งไปยังอีกที่หนึ่ง แต่การเคลื่อนไหว คือ การเคลื่อนย้ายเพียงบางส่วนของร่างกายของสิ่งมีชีวิต และยังคงมีบางส่วนของร่างกายหรือส่วนใดส่วนหนึ่งอยู่ที่เดิม)

- นักเรียนคิดว่าสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีการเคลื่อนที่แตกต่างกันหรือไม่ ยกตัวอย่างสิ่งมีชีวิตที่เคลื่อนที่แตกต่างกันมาคนละ 2 ชนิด (คำตอบของนักเรียนขึ้นอยู่กับความรู้เดิมของนักเรียน)

3. ครูนำเข้าสู่บทเรียนโดยใช้คำถาม “การที่นักเรียนบอกว่าสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดมีการเคลื่อนที่แตกต่างกัน นักเรียนรู้หรือไม่ว่าสิ่งมีชีวิตเหล่านั้นมีโครงสร้างที่ใช้ในการเคลื่อนที่อย่างไร?”

4. ครูนำวีดิทัศน์การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เช่น อะมีบา พารามีเซียม ยูกลีนา นก ไส้เดือน แมงกะพรุน หมึก ดาวทะเล แมลง เป็นต้น ให้นักเรียนได้สังเกตโครงสร้างและกลไกการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด (15 นาที)

ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (10 นาที)

ครูแจก “ใบงาน เรื่อง การจำลองการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตบางชนิด” ให้นักเรียนแต่ละคนได้ทำการสร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดตามที่ครูได้เปิดวีดิทัศน์ให้ดูในกิจกรรมก่อนหน้านี้ ลงในใบงาน เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตบางชนิด โดยครูอธิบายเกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองเพิ่มเติมว่านักเรียนสามารถวาดรูป หรือ สร้างเป็นแผนผังความคิด หรือ เขียนเป็นคำอธิบายขึ้นมาก็ได้

ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ (100 นาที)

1. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มศึกษาการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตบางชนิด จากใบความรู้เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตบางชนิด จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต ดังนี้

- สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวมีการเคลื่อนที่โดยใช้โครงสร้างใดบ้าง (อะมีบาใช้เท้าเทียมในการเคลื่อนที่ ยูกลีนาใช้แฟลเจลลาในการเคลื่อนที่ และพารามีเซียมเคลื่อนที่โดยใช้ซิเลีย)
- แมงกะพรุนเคลื่อนที่ได้อย่างไร (ใช้การหดขยายกระดิ่งในการเคลื่อนที่ และมีมีโซเกลียช่วยในการบังคับทิศทาง)
- หมึกเคลื่อนที่ได้อย่างไร (ใช้ท่อไซฟอนพ่นน้ำออก เพื่อดันให้ลำตัวเคลื่อนที่ไปทิศทางตรงข้ามของน้ำที่พ่นออก)
- ดาวทะเลเคลื่อนที่ได้อย่างไร (อาศัยแรงดันของน้ำในระบบท่อลำเลียงที่มีทวิบ์พีทสามารถยืดยาวออกและหดสั้นลงและตรงปลายมีแผ่นดูดช่วยในการยึดเกาะ)
- ไส้เดือนดินเคลื่อนที่ได้อย่างไร (ใช้การหด-คลายกล้ามเนื้อวงและกล้ามเนื้อตามยาวสลับกัน เรียกการเคลื่อนที่แบบนี้ว่า antagonism ไส้เดือนยังมีปาก และเดือยช่วยในการเคลื่อนที่)
- แมลงมีการเคลื่อนที่อย่างไร (ใช้กล้ามเนื้อบริเวณขา 2 ชุด เรียกว่าเอ็กซเทนเซอร์ (extensor) กับ เฟล็กเซอร์ (flexer) ที่ทำงานสภาวะตรงข้ามกัน ทำให้ขาแมลงสามารถทำงานได้ อีกทั้งยังมีกล้ามเนื้อตามยาวและกล้ามเนื้อยึดเปลือกหุ้มส่วนอกที่ทำให้แมลงสามารถขยับปีกได้

- ปลาเคลื่อนที่ได้อย่างไร (มีกล้ามเนื้อที่ยึดติดกระดูกสันหลังมีการหดตัวและคลายตัวในกล้ามเนื้อแต่ละส่วนไม่พร้อมกันทำให้ปลาวายน้ำได้)

- นกเคลื่อนที่ได้อย่างไร (กล้ามเนื้อ 2 ชุดที่ยึดระหว่างกระดูกโคนปีกและกระดูกอกที่ทำงานสภาวะตรงข้ามกัน)

2. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการเคลื่อนของสิ่งมีชีวิตที่ได้เรียนไป จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต

ขั้นที่ 4 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น (20 นาที)

หลังจากที่นักเรียนได้สร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตภายในกลุ่มไปแล้ว ครูให้นักเรียนกลับไปประเมินแบบจำลองของตนเองหากแบบจำลองเบื้องต้นที่นักเรียนได้สร้างขึ้นไม่ถูกต้องให้ทำการแก้ไขแบบจำลองเบื้องต้นนั้น ลงในใบงาน เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตบางชนิด

ขั้นที่ 5 การขยายแบบจำลอง (30 นาที)

1. ครูได้นำวิดีโอทัศน์ของสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ เช่น เสือชีตาร์ หอยฝาดเดียว หนอนตัวแบน หนอนตัวกลม เป็นต้น มาให้นักเรียนได้ศึกษาการเคลื่อนที่

2. ครูและนักเรียนร่วมกันสร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตดังกล่าว เพื่อให้ นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ เพิ่มขึ้น

3. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุป เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตบางชนิด โดยใช้แบบจำลองทางความคิดที่ครูได้สร้างขึ้น

4. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบแนวคิดวิทยาศาสตร์หลังเรียน เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต (15 นาที)

สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

1. สื่อ Power Point เรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตบางชนิด
2. หนังสือเรียนชีววิทยาเพิ่มเติม เล่ม 2
3. วิดีทัศน์การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต เช่น อะมีบา พารามีเซียม ยูกลีนา นก ไส้เดือน แมงกะพรุน หมึก ดาวทะเล แมลง เป็นต้น

ภาระงาน/ชิ้นงาน

1. ใบงาน การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตบางชนิด

การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้

เป้าหมาย	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
- อธิบายโครงสร้างและกลไกการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ได้แก่ โปรทิสต์ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง และสัตว์มีกระดูกสันหลังบางชนิด - จำแนกลักษณะการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตชนิดต่าง ๆ ได้แก่ โปรทิสต์ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง สัตว์มีกระดูกสันหลังบางชนิดได้	- การตอบคำถามระหว่างเรียน - การทำแบบทดสอบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อน-หลังเรียนเรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต	- ข้อคำถาม - แบบทดสอบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อน-หลังเรียนเรื่อง การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต	นักเรียนมีคะแนนจากแบบวัดแนวคิดถูกต้องมากกว่า 70%
ด้านทักษะ/กระบวนการ (P)			
- สร้างแบบจำลองในการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตบางชนิดได้	- การสร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต	- แบบประเมินการสร้างแบบจำลอง	นักเรียนได้คะแนน 1 คะแนนขึ้นไป
ด้านคุณลักษณะ (A)			
- มีความร่วมมือในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน	- สังเกตพฤติกรรมในการตอบคำถามรายบุคคลและรายกลุ่ม	- แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคลและรายกลุ่ม	นักเรียนส่วนใหญ่มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม มีคุณภาพระดับพอใช้ขึ้นไป

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้



พิมพ์ภัทร แก้วดี

ครูผู้สอน

แผนการจัดการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

รายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา 2 รหัสวิชา ว 30244

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก

ระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

เรื่อง เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท เวลา 4 คาบ 200 นาที (คาบละ 50 นาที)

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาโครงสร้างและอวัยวะที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ของสัตว์และมนุษย์ ศึกษาแบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก การรับรู้และตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ของ สัตว์และมนุษย์ เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท สมอและไขสันหลังที่เป็นศูนย์ ควบคุมระบบประสาท การทำงานของระบบประสาท โสมติกและระบบประสาทอัตโนมัติ โครงสร้างและการทำงานของอวัยวะรับความรู้สึกที่เกี่ยวกับนัยน์ตากับการมองเห็น หูกับการได้ยิน จมูกกับการดมกลิ่น ลิ้นกับการรับรส และผิวหนังกับการรับความรู้สึก ศึกษาแบบต่อมไร้ท่อ โครงสร้างและการทำงานของต่อมไร้ท่อ ฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อและอวัยวะที่สำคัญ การรักษาสุขภาพของร่างกายด้วยฮอร์โมนและฟีโรโมนในสัตว์ ศึกษาพฤติกรรมของสัตว์ กลไกการเกิด พฤติกรรมของสัตว์ พฤติกรรมเป็นมาแต่กำเนิดและพฤติกรรมเรียนรู้ความสัมพันธ์ระหว่าง พฤติกรรมกับพัฒนาการของระบบประสาท การสื่อสารระหว่างสัตว์โดยการใช้เสียง ท่าทาง และ สารเคมี โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การ สังเกต การวิเคราะห์ การทดลอง อภิปราย การอธิบาย และสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความ เข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเองมีจิต- วิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยม

ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล ทดลอง อภิปราย และสรุปเกี่ยวกับการรักษาสุขภาพของร่างกายสัตว์และ มนุษย์โดยการทำงานของระบบหายใจ ระบบขับถ่าย ระบบหมุนเวียนเลือด ระบบน้ำเหลือง และ ระบบภูมิคุ้มกัน
2. สืบค้นข้อมูล ทดลอง อภิปราย และสรุปเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต
3. สืบค้นข้อมูล ทดลอง อภิปราย และสรุปเกี่ยวกับการทำงานของระบบประสาทและอวัยวะ รับความรู้สึก
4. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และสรุปเกี่ยวกับการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อในร่างกาย
5. สืบค้นข้อมูล ทดลอง อภิปราย และสรุปเกี่ยวกับพฤติกรรมของสัตว์

สาระสำคัญ

เนื้อเยื่อประสาทประกอบด้วยเซลล์ประสาท เซลล์ประสาทมีหลายชนิดจำแนกชนิดของเซลล์ประสาทอาจจะจำแนกตามโครงสร้างหรือหน้าที่ของเซลล์ประสาทนั้น

เมื่อเซลล์ประสาทถูกกระตุ้นถึงระดับที่ตอบสนองได้ ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าที่เยื่อหุ้มเซลล์ ผิวด้านนอกเซลล์เปลี่ยนเป็นประจุลบ และผิวด้านในเซลล์เปลี่ยนเป็นประจุบวก เรียกการเกิดกระแสประสาท กระแสประสาทถ่ายทอดไปยังเซลล์ประสาทอีกเซลล์หนึ่งโดยอาศัยสารสื่อประสาทสำหรับเซลล์คำจุน เช่น เซลล์ชวันน์มีหน้าที่สร้างเยื่อไมอีลินหุ้มใยประสาทที่ยาว ใยประสาทที่มีเยื่อไมอีลินหุ้มจะนำกระแสประสาทได้เร็วกว่าใยประสาทที่ไม่มีเยื่อไมอีลินหุ้ม

จุดประสงค์การเรียนรู้

หลังจากเรียนบทเรียนนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ

1. บอกโครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ประสาท (K)
2. อธิบายการทำงานของเซลล์ประสาทและการถ่ายทอดกระแสประสาทจากเซลล์ประสาทหนึ่งไปยังเซลล์ประสาทอีกเซลล์หนึ่ง (K)
3. สร้างแบบจำลองเซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท (P)
4. มีความร่วมมือในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน (A)

สาระการเรียนรู้

1. ร่างกายมนุษย์มีเซลล์ประสาทจำนวนมาก เชื่อมโยงเกี่ยวพันกับเซลล์ประสาทอื่น ๆ ประกอบด้วย 2 ส่วนคือตัวเซลล์และเส้นใยประสาท
2. เซลล์ประสาทจะต่อกันเป็นร่างแห การถ่ายทอดกระแสประสาทจะเกิดบริเวณปลายแอกซอน และไปอยู่ชิดกับส่วนของเดนไดรต์หรือเซลล์กล้ามเนื้อหรือหน่วยปฏิบัติงาน ส่วนที่อยู่ชิดกันนั้นเรียกว่า ซิแนปส์
3. เซลล์ประสาทในระยะปกติ หรือ ระยะพักจะมีความต่างศักย์ระหว่างในเซลล์กับนอกเซลล์เท่ากับ -70 mV โดยมีโซเดียมไอออนอยู่ด้านนอกเซลล์จำนวนมาก และโพแทสเซียมไอออนอยู่ด้านในเซลล์จำนวนมาก
4. การเกิดกระแสประสาทจะเกิดขึ้นเมื่อมีสิ่งเร้ามากระตุ้นถึงระดับที่ตอบสนองได้ที่มีขีดเริ่มเปลี่ยนละส่งผลทำให้สมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์เปลี่ยนแปลงไปชั่วคราว

5. เยื่อหุ้มเซลล์จะเปลี่ยนแปลงไปโดยประจุโซเดียมจะเปิดยอมให้โซเดียมไอออนเข้ามาภายในเซลล์ ทำให้ประจุภายในเซลล์เปลี่ยนจาก -70 mv เป็น +50 mv เรียกกระบวนการนี้ว่า ดีโพลาไรเซชัน (depolarization)

6. หลังจากกระแสประสาทเคลื่อนที่ผ่านไปแล้ว เยื่อหุ้มเซลล์จะปิดประจุโซเดียม แต่จะเปิดประจุโพแทสเซียมแทน โพแทสเซียมไอออนจึงพรูออกไปมากมาย ความต่างศักย์จึงลดลงมาก เรียกกระบวนการนี้ว่า รีโพลาไรเซชัน (repolarization)

7. ความต่างศักย์ที่ลดลงมาจะลงมาต่ำกว่าปกติเพื่อป้องกันการเกิดกระแสประสาทย้อนกลับ หลังจากนั้นจะเกิดโซเดียมโพแทสเซียมปั๊มกลับไปอยู่ระยะพักเช่นเดิม

8. การส่งกระแสประสาทไปยังเดนไดรต์ของเซลล์ประสาท เมื่อกระแสประสาทส่งมาถึงปลายแอกซอน จะเหนี่ยวนำเอา Ca^{2+} ภายนอกแพร่เข้ามาภายในเซลล์ประสาทผ่าน voltage gated Ca^{2+} channel ซึ่งจะไปกระตุ้นสารสื่อประสาทออกไปภายนอก สารสื่อประสาทจะเข้าไปจับกับโปรตีนตัวรับของเซลล์ประสาทตัวถัดไป มีผลทำให้ประจุโซเดียมเปิดและโซเดียมไอออนแพร่เข้าไปในเซลล์ถัดไป

กระบวนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 การมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถาม (40 นาที)

1. ครูให้นักเรียนทำแบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน เรื่อง เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท (15 นาที)

2. ครูถามนักเรียนเพื่อดึงความรู้เดิมของนักเรียนออกมา โดยใช้คำถาม ดังต่อไปนี้ (10 นาที)

- เซลล์สัตว์กับเซลล์พืชมีลักษณะแตกต่างกันอย่างไร (เซลล์สัตว์มีลักษณะทรงกลมไม่มีผนังเซลล์ ส่วนเซลล์พืชมีลักษณะเป็นรูปทรงสี่เหลี่ยมมีผนังเซลล์ล้อมรอบ)

- นักเรียนคิดว่าเซลล์ประสาทจัดเป็นเซลล์พืชหรือเซลล์สัตว์ (เซลล์สัตว์ เนื่องจากพืชไม่มีระบบประสาท)

- นักเรียนคิดว่าเซลล์ประสาทจะมีรูปร่างลักษณะเป็นอย่างไร เหมือนหรือต่างกับเซลล์สัตว์ที่นักเรียนเคยเรียนมา และนักเรียนคิดว่าเซลล์ประสาทมีการทำงานเป็นอย่างไร (ถามเพื่อให้นักเรียนเกิดการตั้งสมมติฐานอยู่ในใจ)

3. ครูเปิดวีดิทัศน์เรื่อง เซลล์ประสาทและการทำงานของระบบประสาทให้นักเรียนได้ศึกษา

ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (10 นาที)

ครูแจก “ใบงาน เรื่อง เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท” ให้นักเรียนแต่ละคนได้ทำการสร้างแบบจำลองเซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาทตามที่ครูได้เปิดวิดีโอทัศน์ให้ดูในกิจกรรมก่อนหน้านี้

ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ (100 นาที)

1. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มเพื่อศึกษาส่วนประกอบต่าง ๆ ของระบบประสาท จากใบความรู้ เรื่อง เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท จากนั้นครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันโดยใช้คำถามต่อไปนี้

- หน่วยที่เล็กที่สุดของระบบประสาทคืออะไร (เซลล์ประสาท)
- เซลล์ประสาทมีส่วนประกอบใดบ้าง (เดนไดรต์ แอกซอน และตัวเซลล์)
- ศูนย์กลางของเซลล์ประสาทคือตัวเซลล์ซึ่งมีกลุ่มของไรโบโซมเกาะ เรียกว่าอะไรและมีหน้าที่อย่างไร (เรียกส่วนที่มีไรโบโซม มาเกาะเรียกว่า นิวเคลียส บอดี ทำหน้าที่สร้างโปรตีนซึ่งจะเป็น สารสื่อประสาทต่อไป)

- เดนไดรต์ มีหน้าที่อย่างไร (มีหน้าที่รับกระแสประสาทเข้าสู่เซลล์)
- แอกซอน มีหน้าที่อย่างไร (มีหน้าที่ส่งกระแสประสาทออกจากเซลล์)
- แอกซอน มีกี่ชนิด (มี 2 ชนิด คือ แบบมีไมอีลินและไม่มีไมอีลินหุ้ม)
- แอกซอน แบบใดส่งกระแสประสาทได้ดีกว่า เพราะเหตุใด (แบบที่มีไมอีลินหุ้ม เพราะทำให้เกิดส่วนที่เรียกว่า โหนดออฟแรนเวียร์ (node of ranvier) ทำให้กระแสประสาทวิ่งเร็วขึ้น)

2. ครูอธิบายเพิ่มเติมโดยใช้ PowerPoint เรื่อง เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท ดังนี้

- เซลล์ประสาท ทำหน้าที่ส่งสัญญาณประสาท ประกอบด้วย 2 ส่วนสำคัญ คือ ตัวเซลล์และใยประสาท ซึ่งเซลล์ประสาทจะรวมกับเซลล์คำจุนประกอบเป็นเนื้อเยื่อประสาท
- เซลล์ประสาทจะต่อกันเป็นร่างแห การถ่ายทอดกระแสประสาทจะเกิดบริเวณปลายแอกซอน และไปอยู่ชิดกับส่วนของเดนไดรต์หรือเซลล์กล้ามเนื้อหรือหน่วยปฏิบัติงาน ส่วนที่อยู่ชิดกันนั้นเรียกว่า ซินแนปส์

3. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาการทำงานของเซลล์ประสาทจากใบความรู้ เรื่อง เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท จากนั้นครูและนักเรียนอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับการทำงานของเซลล์ประสาท โดยใช้คำถามดังนี้

- ระยะพักก่อนที่เซลล์ประสาทจะได้รับการกระตุ้นเรียกว่าระยะใด (resting potential)
- ระยะพักมีการรักษาสมดุลของความต่างศักย์อย่างไร (ใช้หลักการ Na-K-Pump โดยนำ Na^+ ออก 3 K^+ เข้า 2)
- กระแสประสาทจะเริ่มเกิดขึ้นเมื่อใด (เมื่อมีการกระตุ้นถึงจุด threshold potential)
- ความต่างศักย์ระหว่างในและนอกเซลล์ประสาทเพิ่มขึ้นได้อย่างไร (เพิ่มขึ้นจากการที่โซเดียมไอออนไหลเข้าสู่เซลล์อย่างรวดเร็ว)
- เรียกระยะที่มีการเปลี่ยนกระแสประสาทที่ทำให้ความต่างศักย์เป็นบวกอย่างรวดเร็วว่า (depolarization)
- เมื่อถึงระยะหนึ่งกระแสประสาทจะลดลงอย่างรวดเร็วเพราะอะไร (เพราะโพแทสเซียมไอออนไหลออกจากเซลล์อย่างรวดเร็ว เรียกว่าระยะ repolarization)
- จุดที่กระแสประสาทลดลงต่ำสุดเรียกว่า (hyperpolarization)
- การที่จะกลับเข้าสู่ระยะพักต้องทำอะไร (ใช้กระบวนการ Na-K Pump จนเข้าสู่สมดุลอีกครั้ง)

4. กรุอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการทำงานของเซลล์ประสาท ดังนี้

- เยื่อหุ้มเซลล์จะเปลี่ยนแปลงไปโดยประตูละเอียดจะเปิดยอมให้โซเดียมไอออนเข้ามาภายในเซลล์ ทำให้ประจุภายในเซลล์เปลี่ยนจาก -70 mv เป็น +50 mv เรียกระยะนี้ว่า depolarization
- การเกิดกระแสประสาทจะเกิดขึ้นเมื่อมีสิ่งเร้ามากระตุ้นถึงระดับที่ตอบสนองได้ส่งผลทำให้สมบัติของเยื่อหุ้มเซลล์เปลี่ยนแปลงไปชั่วคราว
- เยื่อหุ้มเซลล์จะเปลี่ยนแปลงไปโดยประตูละเอียดจะเปิดยอมให้โซเดียมไอออนเข้ามาภายในเซลล์ ทำให้ประจุภายในเซลล์เปลี่ยนจาก -70 mv เป็น +50 mv เรียกระยะนี้ว่า depolarization
- หลังจากกระแสประสาทเคลื่อนที่ผ่านไปแล้ว เยื่อหุ้มเซลล์จะปิดประตูละเอียด แต่จะเปิดประตูละเอียดแทน โพแทสเซียมไอออนจึงพุ่งออกไปมากมาย ความต่างศักย์จึงลดลงมาก เรียกระยะนี้ว่า repolarization
- ความต่างศักย์ที่ลดลงมาจะลงมาต่ำกว่าปกติเพื่อป้องกันการเกิดกระแสประสาทย้อนกลับ หลังจากนั้นจะเกิด Na-K pump กลับไปอยู่ระยะพักเช่นเดิม

5. ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการไซแนปส์และสารสื่อประสาท

- การส่งกระแสประสาทไปยังเดนไดรต์ของเซลล์ประสาท เมื่อกระแสประสาทส่งมาถึงปลายแอกซอน จะเหนี่ยวนำเอา Ca^{2+} ภายนอกแพร่เข้ามาภายในเซลล์ประสาทผ่าน voltage gated Ca^{2+} channel ซึ่งจะไปกระตุ้นสารสื่อประสาทออกไปภายนอก สารสื่อประสาทจะเข้าไปจับกับโปรตีนตัวรับของเซลล์ประสาทตัวถัดไป มีผลทำให้ประตูโซเดียมเปิดและโซเดียมไอออนแพร่เข้าไปในเซลล์ถัดไป

6. ครูแบ่งนักเรียนออกทั้งหมด 8 กลุ่ม เพื่อให้นักเรียนได้อภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับเนื้อหาเรื่องเซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาทที่ได้เรียนไป จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างแบบจำลองเซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาทของกลุ่ม

7. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอแบบจำลองของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียน พร้อมกับให้เพื่อนภายในห้องช่วยกันอภิปรายแบบจำลองของเพื่อนในแต่ละกลุ่ม

ขั้นที่ 4 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น (20 นาที)

ครูให้นักเรียนกลับมาประเมินแบบจำลองของตนเองหากแบบจำลองเบื้องต้นที่นักเรียนได้สร้างขึ้นไม่ถูกต้องให้ทำการแก้ไขแบบจำลองเบื้องต้น ลงใน “ใบงาน เรื่อง เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท”

ขั้นที่ 5 การขยายแบบจำลอง (30 นาที)

1. ครูใช้คำถามเพื่อให้เกิดการขยายความรู้เกี่ยวกับการสร้างแบบจำลองของสารที่มีผลต่อการส่งกระแสประสาทไปยังเดนไดรต์ของเซลล์ประสาท ดังนี้

- นักเรียนคิดว่ายาบ้ามีผลต่อการทำงานของเซลล์ประสาทอย่างไร
- นักเรียนคิดว่าคาเฟอีนมีผลต่อการทำงานของเซลล์ประสาทอย่างไร
- นักเรียนคิดว่าโคเคนมีผลต่อการทำงานของเซลล์ประสาทอย่างไร
- นักเรียนคิดว่าพิษจากปลาปักเป้ามีผลต่อการทำงานของเซลล์ประสาทอย่างไร
- นักเรียนคิดว่ายาฆ่าแมลงมีผลต่อการทำงานของเซลล์ประสาทอย่างไร
- นักเรียนคิดว่ายาระงับประสาทมีผลต่อการทำงานของเซลล์ประสาทอย่างไร
- นักเรียนคิดว่าสารพิษจากแบคทีเรียมีผลต่อการทำงานของเซลล์ประสาทอย่างไร
- นักเรียนคิดว่าพิษของงูมีผลต่อการทำงานของเซลล์ประสาทอย่างไร

2. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุป เรื่อง เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท โดยใช้ PowerPoint เรื่อง เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท

3. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบแนวคิดวิทยาศาสตร์หลังเรียน เรื่อง เซลล์ประสาท และการทำงานของเซลล์ประสาท (15 นาที)

สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

1. Power Point เรื่อง เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท
2. หนังสือเรียนชีววิทยาเพิ่มเติม เล่ม 2
3. วิดีทัศน์เรื่อง เซลล์ประสาทและการทำงานของระบบประสาท

ภาระงาน/ชิ้นงาน

1. ใบงาน เรื่อง เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท

การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้

เป้าหมาย	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
- โครงสร้างและหน้าที่ของเซลล์ประสาท - ระบุชนิดของเซลล์ประสาทที่จำแนกตามโครงสร้างและหน้าที่พร้อมยกตัวอย่าง - อธิบายการถ่ายทอดกระแสประสาทจากเซลล์ประสาทหนึ่งไปยังเซลล์ประสาทอีกเซลล์หนึ่ง	- การตอบคำถามระหว่างเรียน - การทำแบบทดสอบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อน-หลังเรียนเรื่อง เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท	- ข้อคำถาม - แบบทดสอบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อน-หลังเรียนเรื่อง เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท	นักเรียนมีคะแนนจากแบบวัดแนวคิดถูกต้องมากกว่า 70%

ด้านทักษะ/กระบวนการ (P)			
- สร้างแบบจำลองเซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท	การสร้างแบบจำลองของนักเรียน	แบบประเมินการสร้างแบบจำลอง	นักเรียนได้คะแนน 1 คะแนนขึ้นไป
ด้านคุณลักษณะ (A)			
- มีความร่วมมือในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน	สังเกตพฤติกรรมในการตอบคำถามรายบุคคลและรายกลุ่ม	แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคลและรายกลุ่ม	นักเรียนส่วนใหญ่มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม มีคุณภาพระดับพอใช้ขึ้นไป

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

พิมพ์ภัทร แก้วดี

ครูผู้สอน

แผนการจัดการเรียนรู้

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์	รายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา 2 รหัสวิชา ว 30244
หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ระบบต่อมไร้ท่อ	ระดับ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
เรื่อง ฮอร์โมนเพศ	เวลา 4 คาบ 200 นาที (คาบละ 50 นาที)

คำอธิบายรายวิชา

ศึกษาโครงสร้างและอวัยวะที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ของสัตว์และมนุษย์ ศึกษากระบวนการประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก การรับรู้และตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ของสัตว์และมนุษย์ เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท สมอและไขสันหลังที่เป็นศูนย์ควบคุมระบบประสาท การทำงานของระบบประสาท โสมาติกและระบบประสาทอัตโนมัติ โครงสร้างและการทำงานของอวัยวะรับความรู้สึกที่เกี่ยวกับนัยน์ตากับการมองเห็น หูกับการได้ยิน จมูกกับการดมกลิ่น ลิ้นกับการรับรส และผิวหนังกับการรับความรู้สึก ศึกษากระบวนการต่อมไร้ท่อ โครงสร้างและการทำงานของต่อมไร้ท่อ ฮอร์โมนจากต่อมไร้ท่อและอวัยวะที่สำคัญ การรักษาดุลยภาพของร่างกายด้วยฮอร์โมนและฟีโรโมนในสัตว์ ศึกษาพฤติกรรมของสัตว์ กลไกการเกิดพฤติกรรมของสัตว์ พฤติกรรมเป็นมาแต่กำเนิดและพฤติกรรมเรียนรู้ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมกับพัฒนาการของระบบประสาท การสื่อสารระหว่างสัตว์โดยใช้เสียง ท่าทาง และสารเคมี โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ การสืบค้นข้อมูล การสังเกต การวิเคราะห์ การทดลอง อภิปราย การอธิบาย และสรุป เพื่อให้เกิดความรู้ ความคิด ความเข้าใจ มีความสามารถในการตัดสินใจ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในชีวิตของตนเองมีจิตวิทยาศาสตร์ จริยธรรม คุณธรรม และค่านิยม

ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล ทดลอง อภิปราย และสรุปเกี่ยวกับการรักษาดุลยภาพของร่างกายสัตว์และมนุษย์โดยการทำงานของระบบหายใจ ระบบขับถ่าย ระบบหมุนเวียนเลือด ระบบน้ำเหลือง และระบบภูมิคุ้มกัน
2. สืบค้นข้อมูล ทดลอง อภิปราย และสรุปเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิต
3. สืบค้นข้อมูล ทดลอง อภิปราย และสรุปเกี่ยวกับการทำงานของระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึก
4. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และสรุปเกี่ยวกับการทำงานของระบบต่อมไร้ท่อในร่างกาย
5. สืบค้นข้อมูล ทดลอง อภิปราย และสรุปเกี่ยวกับพฤติกรรมของสัตว์

สาระสำคัญ

ฮอร์โมน Gonadotrophin releasing hormone (GnRH) จากไฮโปทาลามัสจะสร้างและหลั่งมากกระตุ้นให้มีการหลั่ง Gonadotrophic hormone ที่ต่อมใต้สมองส่วนหน้า โดย Gonadotrophic hormone ประกอบด้วยฮอร์โมน 2 ชนิด คือ Follicle stimulating hormone (FSH) และ Luteinizing hormone (LH) ซึ่งฮอร์โมนเพศ แบ่งออกเป็น ฮอร์โมนเพศหญิง ได้แก่ เอสโตรเจน (estrogen) และ โปรเจสเตอโรน (progesterone) และฮอร์โมนเพศชาย ได้แก่ เทสโทสเตอโรน (testosterone)

ในเพศชาย FSH และ LH จะกระตุ้นการแสดงออกของลักษณะเพศชาย เช่น FSH จะกระตุ้นให้มีการสร้างเซลล์อสุจิ ส่วน LH จะกระตุ้นให้มีการสร้างฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน จากเซลล์ในอัณฑะที่มีชื่อว่า เซลล์เลย์ดิก (leydig cell) หรือ เซลล์อินเตอร์สติเชียล (interstitial cell) ซึ่งฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนนี้จะไปทำให้เกิดลักษณะทางเพศของเพศชายขั้นที่สอง คือ มีเสียงห้าว มีขนเยอะ เป็นต้น และเทสโทสเตอโรนปริมาณมากยังไปยับยั้งการหลั่ง LH ที่ต่อมใต้สมองส่วนหน้าอีกด้วย (negative feedback)

เพศหญิง FSH จะกระตุ้นให้ฟอลลิเคิลพัฒนา ในขณะที่ฟอลลิเคิลพัฒนาจะกระตุ้นให้ไข่พัฒนาจาก primary oocyte เป็น secondary oocyte พร้อมทั้งจะตกไข่ ฟอลลิเคิลที่พัฒนาเต็มที่ จะสร้างฮอร์โมนเอสโตรเจน ซึ่งทำให้เกิดลักษณะเพศหญิงขั้นที่สอง เช่น มีหน้าอกใหญ่ สะโพกผาย ออก เป็นต้น หากมีการหลั่งเอสโตรเจนในปริมาณมากจะไปกระตุ้นต่อมใต้สมองส่วนหน้าหลั่ง FSH ให้มากขึ้น และหลั่ง LH ออกมาพร้อมกันด้วย โดย LH ที่หลั่งออกมาจะไปกระตุ้นการตกไข่ หลังจากไข่ตกแล้วจะเกิดรอยแผลเป็นที่เรียกว่า คอร์ปัสลูเทียม (corpus luteum) ซึ่งจะหลั่งเอสโตรเจน และโปรเจสเตอโรน ออกมาทำหน้าที่ร่วมกัน เพื่อสร้างเยื่อผนังมดลูกเตรียมพร้อมรับการฝังตัวของเอ็มบริโอ

หากไข่ไม่ได้รับการผสมคอร์ปัสลูเทียมจะสลายไปส่งผลให้เยื่อผนังมดลูกสลายไปด้วย กลายเป็นประจำเดือน แต่หากไข่ได้รับการผสมคอร์ปัสลูเทียมจะยังคงอยู่ในช่วงเวลาหนึ่ง จนรกสามารถสร้างเอสโตรเจนและโปรเจสเตอโรน แทน คอร์ปัสลูเทียม ก็จะสลายไป

จุดประสงค์การเรียนรู้

หลังจากเรียนบทเรียนนี้แล้ว ผู้เรียนสามารถ

1. อธิบายกลไกการหลั่งและการยับยั้งฮอร์โมนเพศได้ (K)
2. บอกตำแหน่งและหน้าที่ของต่อมไร้ท่อที่เกี่ยวข้องกับฮอร์โมนเพศได้ (K)

3. สร้างแบบจำลองการทำงานของฮอร์โมนเพศ (P)
4. มีความร่วมมือในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน (A)

สาระการเรียนรู้

ฮอร์โมนเพศมีผลต่อการเจริญเติบโตและพัฒนาอวัยวะสืบพันธุ์และพฤติกรรมทางเพศ ซึ่งแหล่งที่สร้างฮอร์โมนเพศมี 2 แหล่งด้วยกัน คือ จากต่อมหมวกไตและอวัยวะเพศ(อวัยวะในเพศชายและรังไข่ในเพศหญิง) โดยอวัยวะเพศจะเป็นแหล่งหลักในการสร้างและหลั่งฮอร์โมนเพศ และสามารถสร้างและหลั่งฮอร์โมนเพศได้ 3 ชนิด ได้แก่ เอสโตรเจน (estrogen) แอนโดรเจน (androgen) และโปรเจสเตอโรน (progesterone) ส่วนต่อมหมวกไตจะสร้างและหลั่งฮอร์โมนเพศได้ในปริมาณน้อย

ฮอร์โมนที่สร้างและหลั่งจากส่วนหนึ่งภายในอวัยวะเพศถูกควบคุมโดยฮอร์โมนโกนาโดโทรปิน (gonadotropin) ที่ถูกสร้างและหลั่งจากต่อมใต้สมองส่วนหน้า (anterior pituitary gland) และการสร้างและหลั่งฮอร์โมนโกนาโดโทรปินถูกควบคุมการทำงานโดยฮอร์โมนโกนาโดโทรปินรีลีสซิงฮอร์โมน (gonadotropin-releasing hormone: GnRH) ที่ถูกสร้างและหลั่งจากสมองส่วนไฮโปทาลามัส โดยฮอร์โมนโกนาโดโทรปินที่ถูกสร้างและหลั่งจากต่อมใต้สมองส่วนหน้าประกอบด้วยฮอร์โมน 2 ชนิด ได้แก่ follicle stimulating hormone (FSH) และ luteinizing hormone (LH)

ในเพศชาย FSH มีผลต่อการเจริญเติบโตของอวัยวะและหลอดสร้างอสุจิให้สร้างอสุจิเพื่อให้เกิดการสร้างอสุจิ ส่วน LH เมื่อถูกหลั่งออกมาจะมีผลกระตุ้นให้เซลล์เลย์ดิก (leydig cell) หรือเซลล์อินเตอร์สติเชียล (interstitial cell) ที่อยู่ในอวัยวะสร้างและหลั่งฮอร์โมนแอนโดรเจน ซึ่งฮอร์โมนแอนโดรเจนที่สำคัญ คือ ฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน (testosterone) โดยฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนมีผลทำให้เพศชายเมื่อเข้าสู่วัยรุ่นจะแสดงลักษณะทางเพศขั้นที่ 2 (secondary sex characteristics) นั่นก็คือ มีเสียงห้าว มีขนขึ้นที่หัวเหน่า รักแร้ มีหนวดเครา

ในเพศหญิง FSH มีผลไปกระตุ้นการพัฒนาของฟอลลิเคิลภายในรังไข่และในขณะที่ฟอลลิเคิลพัฒนาไปก็ถูกพัฒนาด้วยเช่นกัน และเมื่อฟอลลิเคิลถูกพัฒนาเป็นฟอลลิเคิล (graafian follicle) จะสร้างและหลั่งเอสโตรเจนออกมา ซึ่งเอสโตรเจนจะมีผลต่อการแสดงลักษณะทางเพศขั้นที่ 2 ของเพศหญิง โดยมีผลทำให้เพศหญิงมีเสียงที่เล็กแหลม สะโพกผายออก มีการพัฒนาของต่อมสร้างน้ำนม มีขนขึ้นตรงบริเวณหัวเหน่า รักแร้ และฮอร์โมนเอสโตรเจนยังไปกระตุ้นให้ต่อมใต้สมองส่วนหน้าสร้างและหลั่งฮอร์โมน LH ซึ่งไปมีผลไปกระตุ้นให้ไข่ตก เกิดเป็นรอยแผลบนรังไข่ที่เรียกว่า คอร์ปัสลูเทียม (corpus luteum) โดยคอร์ปัสลูเทียมจะสร้างและหลั่งฮอร์โมนโปรเจสเตอ

โรน (progesterone) และเอสโตรเจนเพื่อทำงานร่วมกันในการเตรียมให้เพศหญิงเข้าสู่ความเป็นแม่ นั่นคือ มีผลทำให้มีการสร้างเยื่อบุผนังมดลูกให้หนามากยิ่งขึ้นเพื่อรองรับการฝังตัวของเอ็มบริโอ หลังจากไข่ได้รับการผสม หลังจากนั้นจะเกิดเหตุการณ์ได้ 2 กรณี คือ หากไข่ไม่ได้รับการผสม คอปัสลูเทียมจะสลายไปทำให้เยื่อบุผนังมดลูกสลายไปด้วยกลายเป็นประจำเดือน แต่หากไข่ได้รับการผสม ไข่จะเคลื่อนตัวเข้าไปฝังตัวที่เยื่อบุผนังมดลูกและภายหลังการฝังตัวของเอ็มบริโอที่เยื่อบุผนังมดลูก 7 วัน รกจะสร้างและหลั่งฮอร์โมนฮิวแมนคอร์ริโอนิกโกนาโดโทรฟิน (human chorionic gonadotrophin: HCG) ซึ่งเป็นฮอร์โมนที่สามารถตรวจได้ว่าท้องหรือไม่ด้วยชุดทดสอบการตั้งครรภ์ โดยฮอร์โมน HCG จะไปกระตุ้นให้คอปัสลูเทียมยังคงสร้างและหลั่งเอสโตรเจนและโปรเจสเตอโรนต่อไปอีก 4 เดือน ซึ่งหลังจากนั้นรกจะทำหน้าที่สร้างและหลั่งเอสโตรเจนและโปรเจสเตอโรนแทนคอปัสลูเทียม

กระบวนการจัดการเรียนรู้

ขั้นที่ 1 การมุ่งปรากฏการณ์และตั้งคำถาม (40 นาที)

1. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อนเรียน เรื่อง ฮอร์โมนเพศ (15 นาที)
2. ครูถามนักเรียนเพื่อดึงความรู้เดิมของนักเรียนออกมา โดยใช้คำถาม ดังต่อไปนี้ (10 นาที)
 - คำว่า “ฮอร์โมนเพศ” นักเรียนสามารถบอกอะไรครูได้ (คำตอบของนักเรียนขึ้นอยู่กับความรู้เดิมของนักเรียน)
 - คำว่า “ฮอร์โมนเพศ” นักเรียนสามารถบอกได้หรือไม่ว่ามีกี่เพศ (2 เพศ คือ เพศหญิงและชาย)
 - จากที่เรียนเรื่องต่อมใต้สมอง ไปแล้วนักเรียนตอบได้หรือไม่ว่าฮอร์โมนที่หลั่งจากต่อมใต้สมองส่วนหน้าที่ควบคุมผลิตและหลั่งฮอร์โมนที่ชื่อว่าอะไร (Gonadotrophic hormone)
 - Gonadotrophic hormone น่าจะไปควบคุมการหลั่งฮอร์โมนของอวัยวะใด (รังไข่ในเพศหญิง อัณฑะในเพศชาย)
 - ฮอร์โมนที่สร้างจากรังไข่ และอัณฑะน่าจะไปควบคุมการทำงานของลักษณะเพศหญิง เพศชายอย่างไร (เพศหญิง การมีเสียงแหลม มีหน้าอก การเป็นประจำเดือน เป็นต้น เพศชาย การมีลูกกระเดือก การผลิตอสุจิ เป็นต้น)

ขั้นที่ 2 การสร้างแบบจำลองเบื้องต้น (10 นาที)

ครูแจก “ใบงาน เรื่อง ฮอร์โมนเพศ” ให้นักเรียนแต่ละคนได้ทำการสร้างแบบจำลองเกี่ยวกับกลไกการทำงานของฮอร์โมนเพศจากคำถามที่ครูถามในตอนแรก

ขั้นที่ 3 ขั้นสำรวจตรวจสอบเชิงประจักษ์ (100 นาที)

1. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มศึกษาไปความรู้เรื่องฮอร์โมนเพศ จากนั้นครูและนักเรียนร่วมกันอภิปราย เรื่อง ฮอร์โมนเพศ โดยครูใช้คำถามดังต่อไปนี้

- ฮอร์โมนเพศชายคือ (เทสโทสเตอโรน)
- ฮอร์โมนเพศหญิง คือ เอสโตรเจน และโปรเจสเตอโรน
- ฮอร์โมนที่กระตุ้นการสร้างฮอร์โมนเพศคือ Gonadotrophic hormone
- ฮอร์โมน Gonadotrophic hormone สร้างและหลั่งมาจากส่วนใดของร่างกาย

(ต่อมใต้สมองส่วนหน้า)

- ฮอร์โมน Gonadotrophic hormone มีกี่ชนิดอะไรบ้าง (2 ชนิด คือ FSH และ LH)
- FSH ในเพศหญิงทำงานอย่างไร (กระตุ้นให้ฟอลลิเคิลพัฒนา ในขณะที่ฟอลลิเคิลพัฒนาจะกระตุ้นให้ไข่พัฒนาจาก primary oocyte เป็น secondary oocyte พร้อมทั้งจะตกไข่ ฟอลลิเคิลที่พัฒนาเต็มที่จะสร้างฮอร์โมนเอสโตรเจน ซึ่งทำให้เกิดลักษณะเพศหญิงในขั้นที่สอง เช่น หน้าอกใหญ่ขึ้น สะโพกผายออก เป็นต้น)
- LH ในเพศหญิงทำงานอย่างไร (กระตุ้นการตกไข่ หลังจากไข่ตกแล้วจะเกิดรอยแผลเป็นที่เรียกว่าคอร์ปัสลูเทียม ซึ่งจะหลั่งเอสโตรเจน และโปรเจสเตอโรน โดยโปรเจสเตอโรนจะกระตุ้นให้มีการสร้างเยื่อบุผนังมดลูกให้หนาขึ้นเพื่อรองรับเอ็มบริโอที่จะมาฝังตัว)
- LH ในเพศชายทำงานอย่างไร (FSH จะกระตุ้นให้มีการสร้างเซลล์อสุจิ)
- FSH ในเพศชายทำงานอย่างไร (กระตุ้นให้มีการสร้างฮอร์โมนเทสโทสเตอโรน จากเซลล์เลดิก ซึ่งฮอร์โมนเทสโทสเตอโรนนี้จะไปทำให้เกิดลักษณะทางเพศของเพศชายขั้นที่สอง คือ มีเสียงห้าว มีขนเยาะ เป็นต้น)

- ฮอร์โมนที่ควบคุมการสร้างและหลั่งฮอร์โมน FSH และ LH จากส่วนใดของร่างกาย และฮอร์โมนนั้นมีชื่อว่าอะไร (จากไฮโปทาลามัส มีชื่อว่า gonadotrophin releasing hormone)

2. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มได้ร่วมกันอภิปรายเกี่ยวกับฮอร์โมนเพศที่ได้เรียนไป จากนั้นให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างแบบจำลองการทำงานของฮอร์โมนเพศหญิงและฮอร์โมนเพศชาย

3. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอแบบจำลองของกลุ่มตนเอง หลังจากนั้นให้เพื่อนภายในห้องช่วยกันอภิปรายแบบจำลองของแต่ละกลุ่มที่ได้นำเสนอหน้าชั้นเรียน

ขั้นที่ 4 การประเมินและปรับปรุงแบบจำลองเบื้องต้น (30 นาที)

ครูให้นักเรียนแต่ละคนกลับมาประเมินแบบจำลองของตนเองหากแบบจำลองเบื้องต้นที่นักเรียนได้สร้างขึ้นไม่ถูกต้องให้ทำการแก้ไขแบบจำลองเบื้องต้นนั้น ลงใน “ใบงาน เรื่อง ฮอร์โมนเพศ”

ขั้นที่ 5 การขยายแบบจำลอง (20 นาที)

1. ครูอธิบายเพิ่มเติมเกี่ยวกับการทำงานของรก ดังนี้ หลังจากเอ็มบริโอฝังตัวที่ผนังมดลูกแล้ว เซลล์ของรก จะเริ่มหลั่งฮอร์โมนชื่อ ฮิวแมนคอร์ริโอนิกโกนาโดโทรฟิน เพื่อกระตุ้นคอร์ปัสลูเทียมในรังไข่ให้เจริญต่อไปและสร้างโปรเจสเตอโรนเพิ่มขึ้น

2. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุป เรื่อง ฮอร์โมนเพศ โดยใช้ PowerPoint เรื่อง ฮอร์โมนเพศ

3. ครูให้นักเรียนทำแบบทดสอบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์หลังเรียน เรื่อง ฮอร์โมนเพศ (15 นาที)

สื่อการเรียนรู้/แหล่งการเรียนรู้

1. สื่อ PowerPoint เรื่อง ฮอร์โมนเพศ
2. หนังสือเรียนชีววิทยาเพิ่มเติม เล่ม 2
3. ใบงาน เรื่อง ฮอร์โมนเพศ

ภาระงาน/ชิ้นงาน

1. ใบงาน เรื่อง ฮอร์โมนเพศ

การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้

เป้าหมาย	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมิน
ด้านความรู้ (K)			
- อธิบายกลไกการหลั่งและการยับยั้งฮอร์โมนเพศได้ - บอกตำแหน่งและหน้าที่ของต่อมไร้ท่อที่เกี่ยวข้องกับฮอร์โมนเพศได้	- การตอบคำถามระหว่างเรียน - การทำแบบทดสอบแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อน-หลังเรียนเรื่องฮอร์โมนเพศ	- ข้อคำถามแนวคิดวิทยาศาสตร์ก่อน-หลังเรียนเรื่องฮอร์โมนเพศ	นักเรียนมีคะแนนจากแบบวัดแนวคิดถูกต้องมากกว่า 70%
ด้านทักษะ/กระบวนการ (P)			
- สร้างแบบจำลองฮอร์โมนเพศ	การสร้างแบบจำลอง	แบบประเมินการสร้างแบบจำลอง	นักเรียนได้คะแนน 1 คะแนนขึ้นไป
ด้านคุณลักษณะ (A)			
- มีความร่วมมือในการทำกิจกรรมในชั้นเรียน	สังเกตพฤติกรรมในการตอบคำถามรายบุคคลและรายกลุ่ม	แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคลและรายกลุ่ม	นักเรียนส่วนใหญ่มีส่วนร่วมในการทำกิจกรรม มีคุณภาพระดับ ดีมาก ขึ้นไป

บันทึกผลหลังการจัดการเรียนรู้

พิมพ์ภัทร แก้วดี

ครูผู้สอน



แบบสังเกตพฤติกรรมการทำงานรายบุคคลและรายกลุ่ม

ลำดับ ที่	มีความตรง ต่อเวลา			มีการแสดง ความคิดเห็น			มีการตอบ คำถาม			การยอมรับ ฟังผู้อื่น			มีความ กระตือรือร้นใน การทำงานกลุ่ม			รวม คะแนน
	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	3	2	1	

ลงชื่อ.....ผู้ประเมิน

...../...../.....

เกณฑ์การให้คะแนน

ปฏิบัติเป็นประจำอย่างสม่ำเสมอ = ดี ให้ 3 คะแนน

ปฏิบัติบ่อยครั้ง = พอใช้ ให้ 2 คะแนน

ปฏิบัติน้อยครั้งหรือไม่ปฏิบัติเลย = ปรับปรุง ให้ 1 คะแนน

ช่วงคะแนน	ระดับ คุณภาพ
11-15	ดีมาก
6-10	พอใช้
1-5	ปรับปรุง

สรุประดับคุณภาพที่ได้

เกณฑ์การประเมินการสร้างแบบจำลอง

เกณฑ์การพิจารณา	คะแนน
นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองได้ถูกต้อง	2 คะแนน
นักเรียนสามารถสร้างแบบจำลองได้ถูกต้องบางส่วน	1 คะแนน
นักเรียนไม่สามารถสร้างแบบจำลองได้ถูกต้อง	0 คะแนน





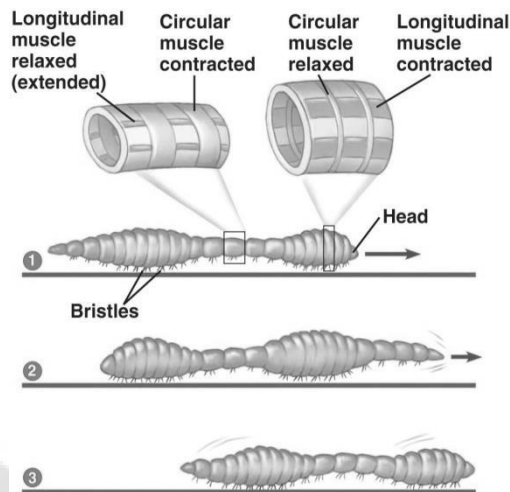




2. การเคลื่อนที่ของไส้เดือน

ไส้เดือน (earth worm) จัดอยู่ในไฟลัม แอนเนลิดา (annelida) ไส้เดือนมีกล้ามเนื้อ 2 ชุด คือ กล้ามเนื้อวง (circular muscle) อยู่ทางด้านนอก และกล้ามเนื้อตามยาว (longitudinal muscle) ตลอดลำตัวอยู่ทางด้านใน นอกจากนี้ไส้เดือนยังใช้ เตือย (setae) ซึ่งเป็นโครงสร้างเล็ก ๆ ที่ยื่นออกจาก ผิวลำตัวรอบปล้องช่วยในการเคลื่อนที่ด้วย

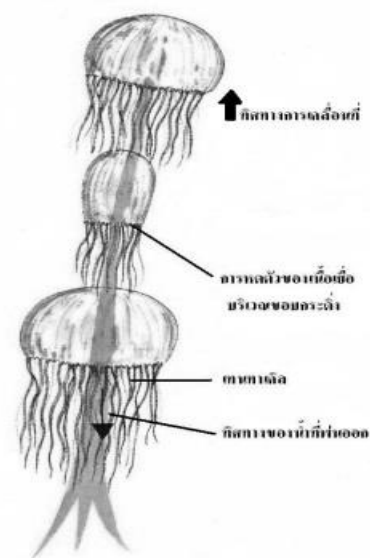
ขณะที่ไส้เดือนเคลื่อนที่จะใช้เตือยจิกดินไว้ กล้ามเนื้อวงกลมหดตัวส่วนกล้ามเนื้อตามยาวคลายตัว ทำให้ลำตัวยืดยาวออก เมื่อสุดแล้วส่วนหน้า คือ ปล้องแรกของไส้เดือนกับเตือยจะจิกดินแล้ว กล้ามเนื้อวงกลมคลายตัวกล้ามเนื้อตามยาวหดตัว ดึงส่วนท้ายของลำตัวให้เคลื่อนมาข้างหน้า การเคลื่อนที่ของไส้เดือนเกิดจากการทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อวงและกล้ามเนื้อตามยาวหดตัวและคลายตัวเป็นระลอกคลื่น เรียกการเคลื่อนที่แบบนี้ว่า เพอริสทอลซิส (peristalsis) ซึ่งจะเกิดทางด้านหน้ามาทางด้านหลังทำให้เกิดการเคลื่อนที่ไปทางด้านหน้า



ภาพ 7 การเคลื่อนที่ของไส้เดือน

3. การเคลื่อนที่ของแมงกะพรุน

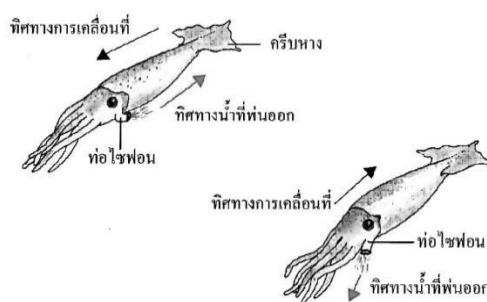
แมงกะพรุน (jelly fish) มีรูปร่างคล้ายกระดิ่ง มีลำตัวนิ่มมาก มีช่องเหลว เรียกว่า มีโซเกีย (mesoglea) แทรกอยู่ระหว่างเนื้อเยื่อชั้นนอกและเนื้อเยื่อชั้นใน มีน้ำเป็นองค์ประกอบเป็นส่วนใหญ่ของลำตัวแมงกะพรุน เคลื่อนที่โดยการหดตัวของเนื้อเยื่อบริเวณขอบกระดิ่งและผิวลำตัวสลับกัน ทำให้พ่นน้ำออกทางด้านล่างส่วนตัวจะพุ่งไปในทิศทางตรงข้ามกับทิศทางที่น้ำพ่นออกมา การหดตัวนี้จะเป็นจังหวะทำให้ตัวแมงกะพรุนเคลื่อนไปเป็นจังหวะด้วย



ภาพ 8 การเคลื่อนที่ของแมงกะพรุน

4. การเคลื่อนที่ของหมึก

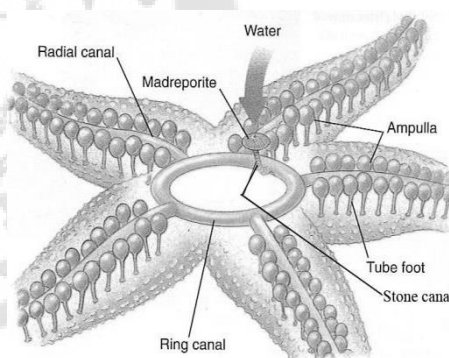
หมึก (squid) เป็นสัตว์กลุ่มเดียวกับหอย หมึกเคลื่อนที่โดยการหดตัวของกล้ามเนื้อ ลำตัว พ่นน้ำออกมาจากท่อที่มีชื่อว่า ไสฟอน (siphon) ซึ่งอยู่ทางส่วนล่างของส่วนหัวทำให้ตัวพุ่งไปข้างหน้าในทิศทางที่ตรงข้ามกับทิศทางของน้ำ นอกจากนี้เปลี่ยนแปลงทิศทางของน้ำที่พ่นออกมาและยังทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทิศทางของการเคลื่อนที่ด้วย และหมึกยังมีครีบอยู่ทางด้านข้างลำตัวช่วยการทรงตัวให้เคลื่อนที่ไปในทิศทางที่เหมาะสม



ภาพ 9 เคลื่อนที่ของหมึก

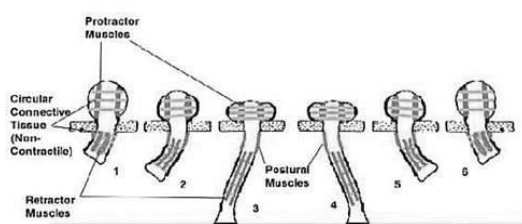
5. การเคลื่อนที่ของดาวทะเล

ดาวทะเล (sea star) เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง มีโครงแข็งที่ผิวนอกไม่ได้ยึดเกาะกับกล้ามเนื้อ ดาวทะเลมีระบบการเคลื่อนที่ด้วยระบบท่อน้ำ (water vascular system) ประกอบด้วยมาดรีโพไรต์ (madreporite) มีลักษณะคล้ายตะแกรงเป็นทางให้น้ำเข้า สโตนแคนเนล (stone cell) เป็นท่อที่ต่อมาจากมาดรีโพไรต์ ริงแคนเนล (ring canal) เป็นท่อบรรลุที่อยู่รอบปากน้ำต่อมาจากมาดรีโพไรต์และสโตนแคนเนล มาเปิดเข้าส่วนนี้เรเดียล แคนเนล (radial canal) เป็นท่อยาวยื่นจาก ริงแคนเนลเข้าไป



ภาพ 10 โครงสร้างระบบท่อน้ำของดาวทะเล

ในแขนของดาวทะเลแต่ละอัน แลเทอรอลแคนเนล (lateral canal) เป็นท่อนั้น ๆ ที่ยื่นออกมาจากเรเดียลแคนเนลทางด้านข้างจำนวนมาก ทิวบ์ฟิต (tube feet) มีลักษณะเป็นหลอดยาวปลายตันที่ต่อมาจากแลเทอรอลแคนเนล ทิวบ์ฟิตเป็นท่อปิดรูปทรงกระบอก ปลายที่ยื่นออกนอกลำตัวมีผนังเป็นกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่เป็นอวัยวะเกาะติดหรือซัคเกอร์ (sucker) ปลายอีกด้านหนึ่งเป็นกระเปาะกล้ามเนื้อเรียกว่า (ampulla) ดาวทะเลเคลื่อนที่โดยแอมพูลลาหดตัว จะดันน้ำไปตามทิวบ์ฟิตทำให้ทิวบ์ฟิตยืดยาวออกเมื่อเคลื่อนที่ไปแล้วทิวบ์ฟิตหดสั้นเข้า ดันน้ำกลับเข้าสู่แอมพูลลาใหม่ การหดตัวและคลายตัวของทิวบ์ฟิตอาศัยแรงดันของน้ำไม่อาศัยแอนทาโกนิซึมของกล้ามเนื้อ การยืดและหดตัวของทิวบ์ฟิตหลาย ๆ อันต่อเนื่องกันทำให้ดาวทะเลเคลื่อนที่ได้



ภาพ 11 การทำงานระหว่างทิว์พีทและแอมพลูลา ทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของดาว

6. การเคลื่อนที่ของแมลง

แมลง (insect) เป็นสัตว์ไม่มีกระดูกสันมีการเคลื่อนที่อยู่ 2 ลักษณะคือ แมลงที่มีปีกจะบินได้ และแมลงไม่มีปีกจะเป็นการกระโดดหรือการเดิน

การเคลื่อนเดินและกระโดดของแมลงเกิดจากการทำงานสลับกันของกล้ามเนื้อเฟล็กเซอร์ (flexor) และเอ็กเทนเซอร์ (extensor) ซึ่งเกาะอยู่โพรงไคทินนี้ โดยกล้ามเนื้อเฟล็กเซอร์ ทำหน้าที่ในการงอขา และกล้ามเนื้อเอ็กเทนเซอร์ ทำหน้าที่ในการเหยียดขา ซึ่งเป็นการทำงานแบบแอนทาโกนิซึม (antagonism)



ภาพ 12 ตำแหน่งของกล้ามเนื้อที่ใช้ในการเคลื่อนที่ของแมลง

การเคลื่อนที่ของแมลงด้วยการบินจะมีกล้ามเนื้อ 2 ชุด คือ กล้ามเนื้อตามยาวและกล้ามเนื้อยึดเปลือกหุ้มอกส่วนนอก กล้ามเนื้อ 2 ชุดจะทำงานตรงกันข้ามกันแบบแอนทาโกนิซึม (antagonism) ซึ่งขณะที่แมลงยกปีกกล้ามเนื้อยึดเปลือกหุ้มอกหดตัวและกล้ามเนื้อตามยาวคลายตัว ส่วนขณะที่แมลงกดปีกกล้ามเนื้อยึดเปลือกหุ้มอกคลายตัวและกล้ามเนื้อตามยาวหดตัว

การเคลื่อนที่ของสัตว์มีกระดูกสันหลัง

1. การเคลื่อนที่ของปลา

ปลาเป็นสัตว์มีกระดูกสันหลังมีอาศัยอยู่ในน้ำเคลื่อนที่โดยการว่ายน้ำ การที่ปลาสามารถว่ายน้ำได้ เกิดจาก

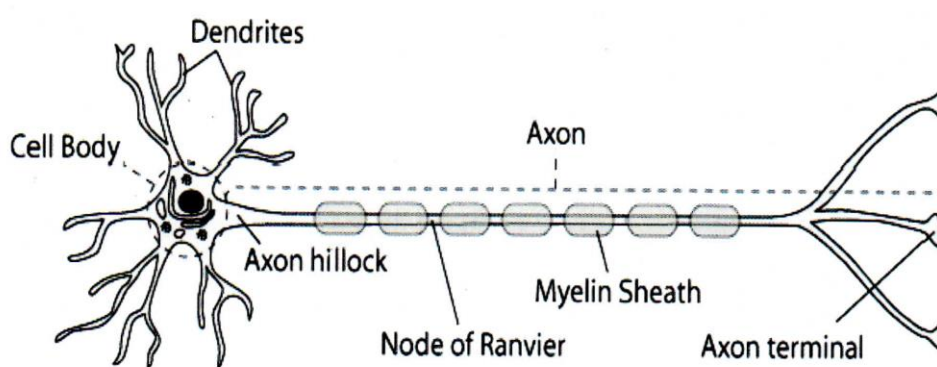


ใบความรู้ เรื่อง เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท

เซลล์ประสาท

เซลล์ประสาท ประกอบด้วยส่วนที่สำคัญ 2 ส่วน คือ

1. **ตัวเซลล์ (cell body)** ประกอบด้วยนิวเคลียส และไซโทพลาซึม โดยมีของเหลวภายในเซลล์ที่เรียกว่า ไซโทซอล (cytosol) และมีออร์แกเนลล์ที่สำคัญ ได้แก่ ไมโทคอนเดรีย เอนโดพลาสมิกเรติคูลัม และกอลจิคอมเพล็กซ์จำนวนมาก นอกจากนี้ยังพบกลุ่มของไรโบโซมที่เรียกว่า นิสส์บอดี (Nissl body)



ภาพ 1 โครงสร้างเซลล์ประสาท

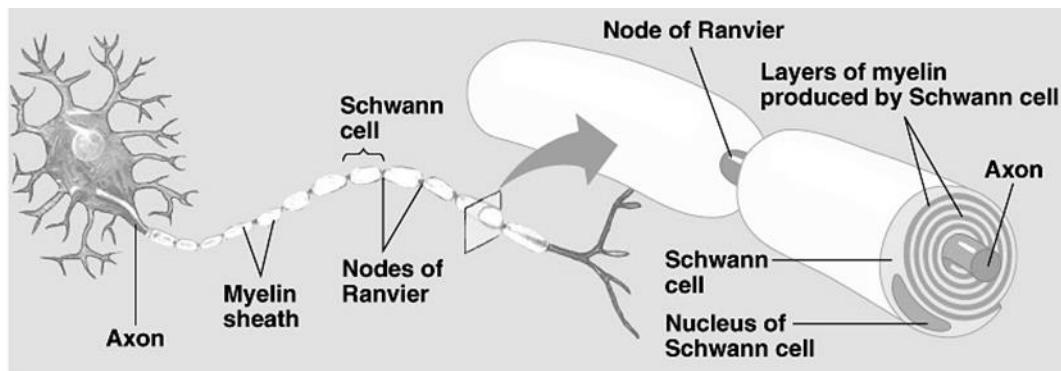
2. **ใยประสาท (nerve fiber)** เป็นส่วนของเซลล์ที่ยื่นมาจากตัวเซลล์ มี 2 แบบ คือ

1) **เดนไดรต์ (dendrite)** เป็นใยประสาทที่นำกระแสประสาทเข้าสู่ตัวเซลล์ซึ่งเป็นส่วนของไซโทพลาซึมที่ยื่นออกจากตัวเซลล์ มีความยาวไม่มาก มีการแตกแขนงเล็ก ๆ จำนวนมาก พื้นผิวมีลักษณะขรุขระ ทำให้มีพื้นที่ผิวมากขึ้นด้วย นอกจากนี้ที่บริเวณเยื่อหุ้มเซลล์มีโปรตีนที่เป็นตัวรับสารสื่อประสาทฝังอยู่

2) **แอกซอน (axon)** เป็นใยประสาทที่นำกระแสประสาทออกจากตัวเซลล์ ซึ่งเป็นส่วนที่ยื่นจากตัวเซลล์ตรงจุดที่เรียกว่า แอกซอน ฮิลล็อก (axon hillock) เพียงเส้นเดียวนั้น โดยแอกซอนมีความยาวตั้งแต่ 0.1 – มากกว่า 2 เมตร การที่มีความยาวมาก จึงอาจเรียกว่า เส้นประสาท (nerve fiber)

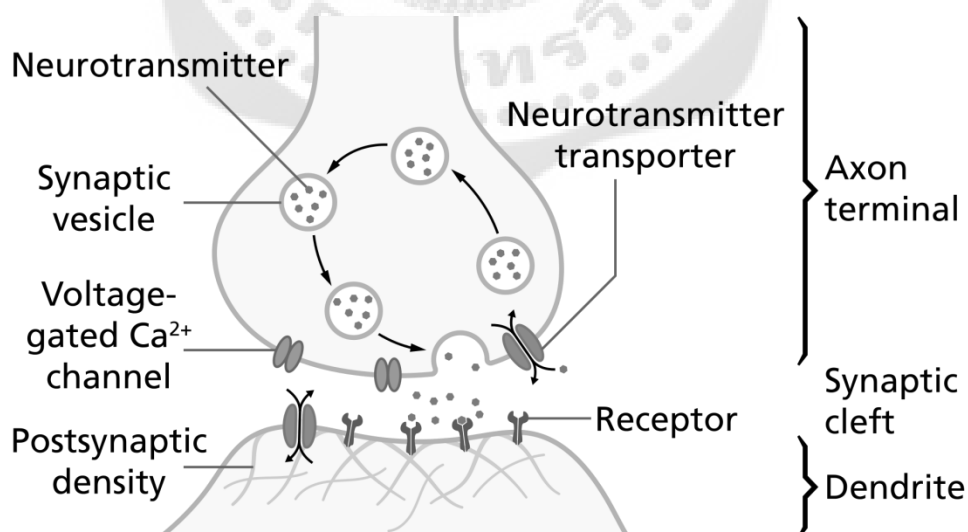
กรณีที่ใยประสาทยาวซึ่งมักเป็นใยประสาทของแอกซอน จะถูกหุ้มด้วยเยื่อไมอีลิน (myelin sheath) ซึ่งมีสารจำพวกลิพิดเป็นองค์ประกอบ เมื่อตรวจดูภาคตัดขวางด้วยกล้องจุลทรรศน์

อิเล็กตรอน พบว่าเยื่อไมอีลิน ติดต่อกับเซลล์ชวานน์ (Schwann cell) ซึ่งเป็นเซลล์จำจุนชนิดหนึ่ง แสดงว่าเยื่อไมอีลินเป็นส่วนหนึ่งของเยื่อหุ้มเซลล์ชวานน์ ส่วนของแอกซอนตรงบริเวณรอยต่อระหว่างเซลล์ชวานน์แต่ละเซลล์เป็นบริเวณที่ไม่มีเยื่อไมอีลินหุ้ม เรียกว่า โหนดออฟแรนเวียร์ (node of Ranvier)



ภาพ 2 เยื่อหุ้มไมอีลินและโนดออฟแรนเวียร์

ปลายประสาท (nerve ending หรือ presynaptic terminals) เป็นบริเวณปลายสุดของแอกซอนที่จะเชื่อมกับเซลล์อื่น ๆ (อาจเป็นเซลล์ประสาทหรือเซลล์อื่นๆ ก็ได้) รอยต่อระหว่างแอกซอนกับเซลล์อื่นๆ จะไม่แนบสนิท เรียกบริเวณนี้ว่า ไซแนปส์ (synapse) ช่องว่างระหว่างเซลล์เรียกว่า ซิแนปติกเคลฟท์ (synaptic cleft)



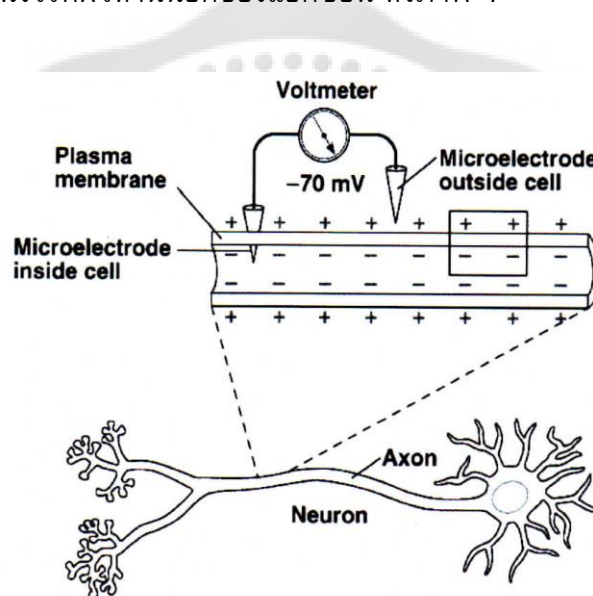
ภาพ 3 การเกิดไซแนปส์ (synapse)

การทำงานของเซลล์ประสาท

การเกิดกระแสประสาท

สิ่งเร้าชนิดต่าง ๆ เช่น ความร้อน เสียง สารเคมีที่มากระตุ้น หน่วยรับความรู้สึกจะเปลี่ยนให้เป็นกระแสประสาท

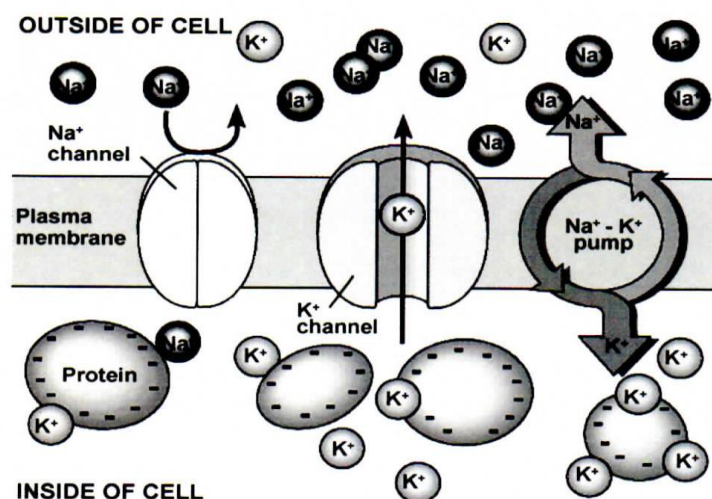
ฮอดจกิน (A.L. Hodgkin) และฮักซ์เลย์ (A.F. Huxley) ได้นำไมโครอิเล็กโทรด (microelectrode) ซึ่งมีลักษณะเป็นหลอดแก้วยาวปลายเรียวต่อกับมาตรวัดความต่างศักย์ (oscilloscope) จากนั้นเสียบปลายด้านหนึ่งของไมโครอิเล็กโทรดเข้าไปในแอกซอนของหมึกยักษ์ และแตะปลายอีกข้างหนึ่งไว้ที่ผิวหนังนอกของแอกซอน ดังภาพ 4



ภาพ 4 การวัดความต่างศักย์ระหว่างภายนอกและภายในเซลล์

จากการทดลองพบว่าสามารถวัดความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างภายในกับภายนอกได้ -70 มิลลิโวลต์ ซึ่งเป็นศักย์เยื่อเซลล์ระยะพัก (**resting membrane potential**) เยื่อหุ้มเซลล์มีโปรตีนทำหน้าที่ควบคุมการเข้าออกของไอออนบางชนิด เช่น Na^+ เรียกว่าประตูดโซเดียม K^+ เรียกว่าประตูปโพแทสเซียม

ในระยะพัก ความเข้มข้นของ Na^+ ภายนอกเซลล์มากกว่าภายในเซลล์ แต่ความเข้มข้นของ K^+ ภายในเซลล์มากกว่าภายนอกเซลล์ ทำให้ Na^+ จึงแพร่เข้าไปในเซลล์ผ่านประตูดโซเดียม ในขณะที่ K^+ แพร่ออกนอกเซลล์ผ่านประตูปโพแทสเซียม แต่เซลล์ก็สามารถดำรงความแตกต่างของความเข้มข้นในแต่ละบริเวณไว้ได้ เนื่องจากอาศัยพลังงานจาก ATP ในการที่จะผลัก Na^+ ไปข้างนอกและดึง K^+ เข้ามาในเซลล์ในอัตราส่วน 3 Na^+ ต่อ 2 K^+ เรียกกระบวนการนี้ว่า โซเดียม-โพแทสเซียมปั๊ม (sodium – potassium pump) ดังภาพ

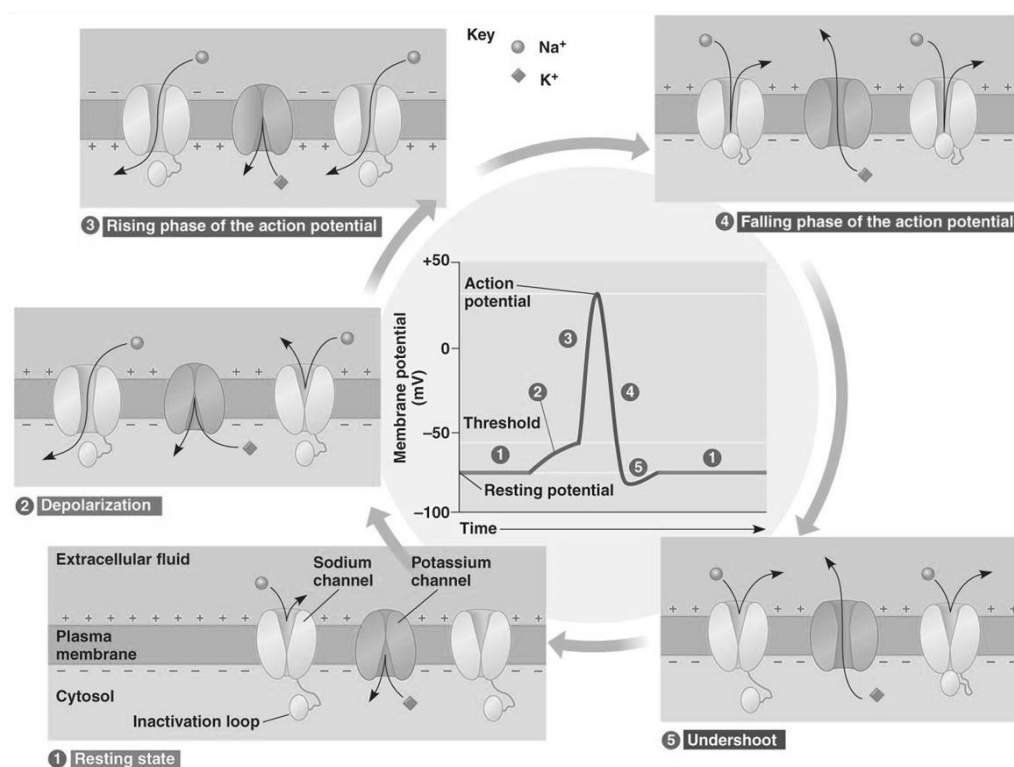


ภาพ 5 กระบวนการโซเดียม-โพแทสเซียมปั๊ม

ภายในเซลล์ประสาทมีโปรตีนประจุลบ ซึ่งมีขนาดใหญ่ไม่สามารถออกนอกเซลล์ได้ ทำให้ภายในเซลล์เป็นประจุลบ ประกอบกับการที่เซลล์ยอมให้ K^+ จากภายในเซลล์ออกมาได้ดี ทำให้ภายนอกเซลล์เป็นประจุบวก

เมื่อมีสิ่งเร้ามากระตุ้นเซลล์ประสาทในระดับที่เซลล์สามารถตอบสนองได้ (threshold potential) จะทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงของศักย์เยื่อเซลล์ คือ ทำให้ประตู่โซเดียมเปิด Na^+ จึงพรวดเข้าในเซลล์ ภายในเซลล์จะเป็นลบน้อยลง และมีความเป็นบวกมากขึ้น ความต่างศักย์ที่เยื่อเซลล์จะเปลี่ยนจาก -70 mV เป็น $+50\text{ mV}$ เรียกกระแสนี้ว่า **ดีโพลาไรเซชัน (depolarization)**

หลังจากนั้นประตู่โซเดียมจะปิด แต่ประตู่โพแทสเซียมจะเปิด ทำให้ K^+ พรวดออกนอกเซลล์ ทำให้เซลล์สูญเสียประจุบวกและกลับกลายเป็นประจุลบ ความต่างศักย์ที่เยื่อเซลล์จะเปลี่ยนจาก $+50\text{ mV}$ เป็น -70 mV กลับสู่สภาพเดิม เรียกกระแสนี้ว่า **รีโพลาไรเซชัน (repolarization)** ดังภาพ 6



ภาพ 6 การเปลี่ยนแปลงศักย์ไฟฟ้าขณะที่เซลล์ประสาทถูกกระตุ้น

การกระตุ้นเซลล์ประสาทในขณะที่ยังเกิดกระแสประสาทอยู่ เซลล์ประสาทจะไม่ตอบสนอง เราเรียกกระแสนี้ว่า Absolutely Refractory Period

สรุป การทำงานของเซลล์ประสาท มี 4 ระยะหรือ 4 ขั้นตอน ดังนี้

ระยะที่ 1 ระยะพัก (resting stage)

เยื่อหุ้มเซลล์อยู่ในสภาวะปกติ K^+ จะแพร่ออกภายนอกเซลล์ได้มากกว่า Na^+ แพร่เข้ามาภายใน ภายนอกมีไอออนที่เป็นประจุบวกมากกว่าภายในเซลล์ (ภายในเซลล์มีประจุลบเพราะมีไอออน และสารที่มีโมเลกุลขนาดใหญ่มากกว่า เช่น โปรตีน กรดนิวคลีอิก ผ่านออกนอกเซลล์ไม่ได้) เพื่อให้ K^+ อยู่ในเซลล์มากกว่า และ Na^+ อยู่ภายนอกเซลล์มากกว่าจึงเกิดกระบวนการ $Na^+ - K^+$ pump (เป็นกระบวนการใช้พลังงานจากการสลาย ATP แล้วดัน Na^+ ออกและดึง K^+ เข้ามาภายในเซลล์ ในอัตราส่วน $3Na^+ : 2K^+$)

ระยะที่ 2 ระยะดีโพลาไรเซชัน (depolarization)

ระยะที่เกิดกระแสประสาท Electrochemical Change มีสิ่งเร้ามากระตุ้นประตูดึง Na^+ ให้เปิดออก เยื่อหุ้มเซลล์จะยอมให้ Na^+ ผ่านเข้าสู่เซลล์ทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงทางไฟฟ้า ภายในเป็นประจุบวก ภายนอกเป็นประจุลบ เนื่องจากการที่ Na^+ แพร่เข้าสู่เซลล์และจะนำประจุบวกเข้ามา

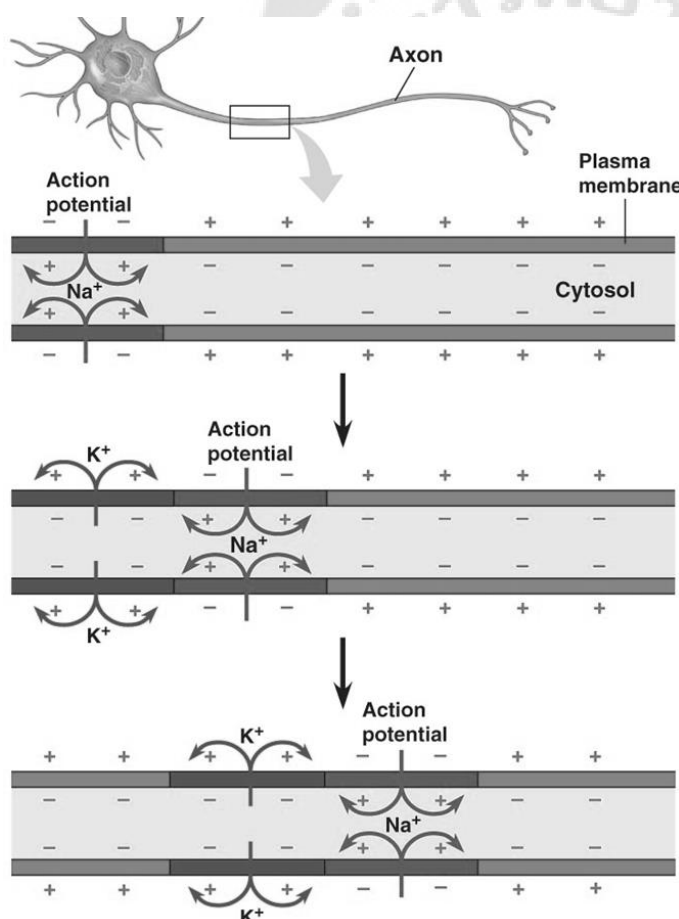
ด้วย การเปลี่ยนแปลงของประจุที่เยื่อหุ้มเซลล์นี้เป็นผลทำให้เกิด Action Potential Nerve Impulse ซึ่งจะส่งกระแสประสาทออกไปด้วยความเร็ว 1,000 ครั้ง/วินาที

ระยะที่ 3 ระยะรีโพลาริเซชัน (repolarization)

มีการเปิดประตูก K^+ ที่เยื่อหุ้มเซลล์ทำให้มีการไหลออกของ K^+ จากภายในสู่ภายนอกมีการเปลี่ยนแปลงทางศักย์ไฟฟ้าทำให้ภายนอกเซลล์มีการเปลี่ยนแปลงเป็นประจุบวกและภายในเซลล์เป็นประจุลบอีกครั้ง

ระยะที่ 4 ระยะกลับคืนสู่ระยะพัก (return to resting stage)

ขณะนี้มี K^+ อยู่ภายนอกเซลล์มากกว่าระยะปกติและ Na^+ ยังคงอยู่ภายในเซลล์ ดังนั้น เซลล์ต้องมีการปรับสภาพให้มี Na^+ อยู่ภายนอกเซลล์มากกว่าภายใน และ K^+ จะต้องอยู่ภายในเซลล์มากกว่าภายนอก จึงต้องอาศัยการเกิด Na - K pump เพื่อรับ 3 Na^+ ออกนอกเซลล์ และดึง K^+ เข้ามาภายในเซลล์โดยใช้พลังงานจาก ATP



ภาพ 7 การเคลื่อนที่ของกระแสประสาทเมื่อไม่มีเยื่อหุ้มไมอีลิน

การเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ดังกล่าวนี้ เรียกว่าการเกิดกระแสประสาท (action potential หรือ nerve impulse) การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นตรงบริเวณที่ถูกกระตุ้นจะชักนำให้เกิดกระแสประสาทในบริเวณถัดไป มีผลให้กระแสประสาท เคลื่อนที่ไปตามยาวของเส้นใยประสาทแบบจุดต่อจุดต่อเนื่องกัน ในแอกซอนที่ไม่มีเยื่อหุ้มไมอีลิน

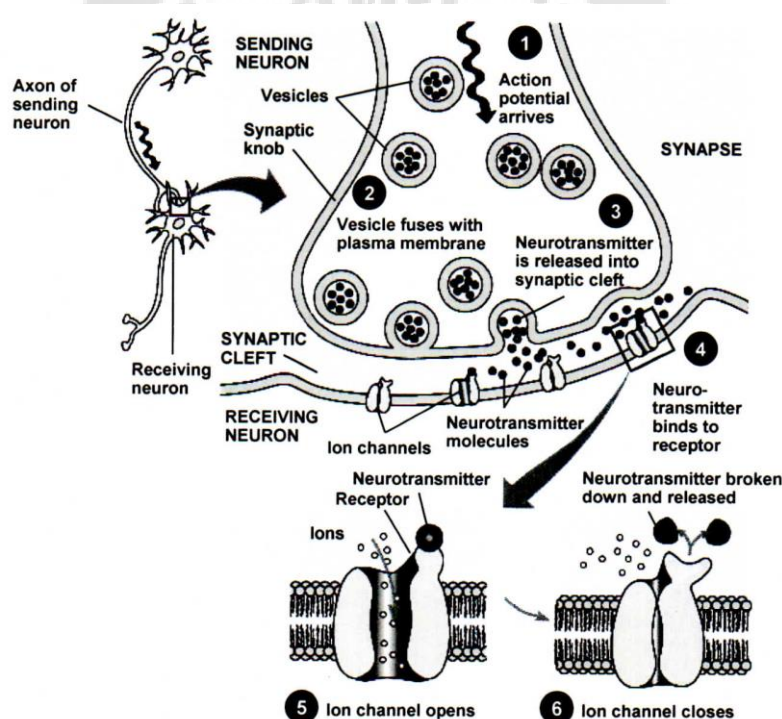
สำหรับเยื่อไมอีลิน จำทำหน้าที่เป็นฉนวน ทำให้เกิดกระแสประสาทเฉพาะบริเวณโนดออฟแรนเวียร์ทำให้การเคลื่อนที่ของกระแสประสาทเร็วกว่า

นอกจากนี้เส้นผ่านศูนย์กลางของแอกซอน ก็มีผลต่อการเคลื่อนที่ของกระแสประสาท โดยแอกซอนที่มีเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าการเกิดกระแสประสาทจะเคลื่อนที่ได้เร็วกว่า

การถ่ายทอดกระแสประสาทระหว่างเซลล์ประสาท

เมื่อกระแสประสาทดำเนินมาถึงปลายของแอกซอน จะพบรอยต่อระหว่างเซลล์ประสาท เราเรียกว่า ซิแนปส์ (synapse) ซึ่งมีสองชนิด คือ ซิแนปส์เคมี (chemical synapse) และซิแนปส์ไฟฟ้า (electrical synapse) แต่ในที่นี้ จะอธิบายเฉพาะแบบซิแนปส์เคมี

ซิแนปส์นั้นจะมีช่องว่างขนาดประมาณ 0.02 ไมโครเมตร ทำให้กระแสประสาทไม่สามารถผ่านซิแนปส์ได้ ตรงบริเวณของปลายของแอกซอน มีลักษณะโป่งออก เรียกว่า แอกซอนเทอมินอล (axon terminal) ซึ่งภายในมีสารสื่อประสาท (neurotransmitter) บรรจุอยู่ในเวสิเคิล (vesicle) เมื่อกระแสประสาทเคลื่อนที่มาถึงแอกซอนเทอมินอลแล้ว เวสิเคิลจะเคลื่อนที่รวมกับเยื่อหุ้มเซลล์ (exocytosis) และปล่อยสารสื่อประสาทออกมาในช่องว่างระหว่างเซลล์ประสาท (synaptic cleft) แล้วไปจับกับโปรตีนตัวรับบนเยื่อหุ้มเซลล์บริเวณเดนไดรต์ หรือ ตัวเซลล์ เพื่อกระตุ้นการเปลี่ยนแปลงความต่างศักย์ระหว่างเยื่อหุ้มเซลล์และเกิดการส่งกระแสประสาทต่อไป ดังภาพ 8



ภาพ 8 การถ่ายทอดกระแสประสาทระหว่างเซลล์ประสาท

สารสื่อประสาทที่เหลืออยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ประสาทจะถูกทำลายโดยเอนไซม์ สารที่ได้จากการสลายอาจนำกลับไปสร้างสารสื่อประสาทใหม่ บางส่วนถูกกำจัดไปกับระบบเลือด ดังนั้น เซลล์ประสาทตัวถัดไป (postsynaptic cell) จะถูกกระตุ้นเฉพาะเวลาที่แอกซอนของเซลล์ประสาทก่อนการซิแนปส์ปล่อยสารสื่อประสาทเท่านั้น

สารที่มีผลต่อการทำงานของไซแนปส์ ส่งผลได้ 2 แบบ ดังนี้

1. ส่งผลให้มีกระแสประสาทมากเกินไป ทำให้ส่วนใหญ่เกิดอาการตื่นตัว ไวต่อการกระตุ้น

☺ ยาบ้า (amphetamine) ออกฤทธิ์โดยการแทนที่สารสื่อประสาทในถุงบรรจุสารสื่อประสาท (neurotransmitter vesicle) ทำให้หลังสารสื่อประสาทมากผิดปกติ

☺ คาเฟอีน (caffeine) กระตุ้นแอกซอนให้ปล่อยสารสื่อประสาทออกมามาก ทำให้เกิดอาการตื่นตัว หัวใจเต้นเร็ว

☺ โคเคน (cocaine) ไปยับยั้งการดูดกลับของสารสื่อประสาท ทำให้สารสื่อประสาทค้างอยู่ในช่องว่างระหว่างเซลล์ประสาทมากจึงเกิดการสื่อประสาทมากขึ้น

☺ พิษจากปลาปักเป้า (tetadotoxin) ยับยั้งประตูโซเดียมไอออนทำให้ส่งต่อกระแสประสาทไม่ได้จึงรู้สึกชา

☺ ยาฆ่าแมลงในกลุ่ม organophosphate และ carbamate มีฤทธิ์ทำลายเอนไซม์ที่ใช้ทำลายสารสื่อประสาท ทำให้ระบบประสาทพาราซิมพาเทติกถูกกระตุ้นตลอดเวลา เกิดอาการคลื่นไส้ อาเจียน หัวใจเต้นช้า และเกิดน้ำลายฟูมปาก

2. ส่งผลให้ไม่มีการส่งกระแสประสาท ทำให้ส่วนใหญ่มีอาการกล้ามเนื้ออ่อนแรง อาจรุนแรงถึงเสียชีวิตได้

☹ ยาระงับประสาท ทำให้ปล่อยสารสื่อประสาทส่งไปยังสมองน้อย ผู้ใช้จึงเกิดอาการสงบ ไม่วิตกกังวล

☹ สารพิษจากแบคทีเรีย เช่น เชื้อจาก *Clostridium botulinum* ในหน่อไม้กระป๋อง หากไม่ปรุงสุกเสียก่อน เชื้อนี้จะไปยับยั้งการหลั่ง สารสื่อประสาททำให้กล้ามเนื้ออ่อนแรง หนังตาตก อาจลุกลามถึงเป็นอัมพาตได้

☹ พิษของงู เช่น งูจอกาง งูเห่า มีสารที่เป็นพิษต่อระบบประสาท ทำลายตัวรับสารสื่อประสาท เกิดอาการอ่อนแรง





เลขที่.....

ใบงาน การเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตบางชนิด

ตอนที่ 1 ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตต่อไปนี้ (แบบจำลองก่อนการจัดการเรียนรู้)

อะมีบา

ยูกลีนา

พารามีเซียม

แมงกะพรุน

ดาวทะเล

หมีก

ใส่เดือนดิน

แมลง

ปลา

นก

ตอนที่ 2 ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตต่อไปนี้ (แบบจำลองหลังการจัดการเรียนรู้)

อะมีบา

ยูกลีนา

พารามีเซียม

แมงกะพรุน

ดาวทะเล

หมีก

ไส้เดือนดิน

แมลง

ปลา

นก

เลขที่.....

ใบงาน เรื่อง เซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาท

ตอนที่ 1 ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาทต่อไปนี้
(แบบจำลองก่อนการจัดการเรียนรู้)

เซลล์ประสาท

การทำงานของเซลล์ประสาท

ตอนที่ 2 ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเซลล์ประสาทและการทำงานของเซลล์ประสาทต่อไปนี้
(แบบจำลองหลังการจัดการเรียนรู้)

เซลล์ประสาท

การทำงานของเซลล์ประสาท

เลขที่.....

ใบงาน เรื่อง ฮอร์โมนเพศ

ตอนที่ 1 ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองกลไกการหลั่งฮอร์โมนเพศต่อไปนี้ (แบบจำลองก่อนการจัดการเรียนรู้)

กลไกการหลั่งฮอร์โมนเพศชาย

กลไกการหลั่งฮอร์โมนเพศหญิง

ตอนที่ 2 ให้นักเรียนสร้างแบบจำลองกลไกการหลั่งฮอร์โมนเพศต่อไปนี้ ต่อไปนี้ (แบบจำลองหลังการจัดการเรียนรู้)

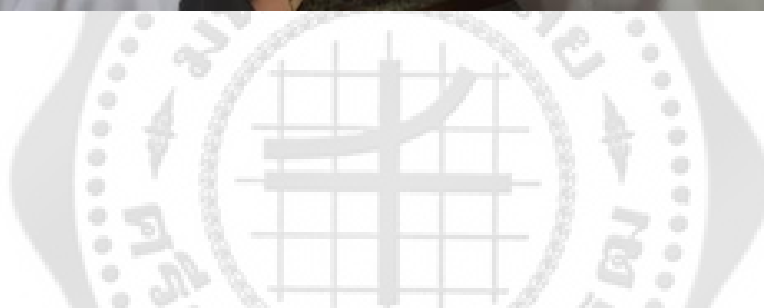
กลไกการหลั่งฮอร์โมนเพศชาย

กลไกการหลั่งฮอร์โมนเพศหญิง



ภาคผนวก ง

ภาพกิจกรรมการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน







ประวัติย่อผู้วิจัย

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ-สกุล	นางสาว พิมพ์ภัทร แก้วดี
วันเดือนปีเกิด	18 ธันวาคม 2531
สถานที่เกิด	อำเภอพรหมานิคม จังหวัดสกลนคร
สถานที่อยู่ปัจจุบัน	บ้านเลขที่ 52 หมู่ 7 บ้านพอกใหญ่ ตำบลพอกน้อย อำเภอพรหมานิคม จังหวัดสกลนคร
ประวัติการศึกษา	
พ.ศ. 2549	มัธยมศึกษาปีที่ 6 จากโรงเรียนธาตุนารายณ์วิทยา จังหวัดสกลนคร
พ.ศ. 2553	ปริญญาตรี วิทยาศาสตร์บัณฑิต (วท.บ.) (ชีววิทยา) จากมหาวิทยาลัยนเรศวร
พ.ศ. 2559	ปริญญาโท การศึกษามหาบัณฑิต (กศ.ม.) (ชีววิทยา) จากมหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ