



ใบรับรองวิทยานิพนธ์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)

ปริญญา

วิทยาศาสตร์ศึกษา

การศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

The Development of 10th Graders' Mental Models of Cell Division
Using Model-based Learning

นามผู้วิจัย นางสาวปาณิสรา ไม้รอด

ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, ประ.ด.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(รองศาสตราจารย์พรรณนภา ศักดิ์สูง, Ph.D.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิทธิกร สุมาลี, ศษ.ด.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา อีระกุล, D.Agr.)

คณบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่

เดือน

พ.ศ.

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการ
เรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

The Development of 10th Graders' Mental Models of Cell Division
Using Model-based Learning

โดย

นางสาวปาณิสรา ไม้รอด

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)
พ.ศ. 2557

ปาณิสรา ไม้รอด 2557: การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ ของ
นักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน ปริญญา
ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: ผู้ช่วยศาสตราจารย์พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, ประ.ด.
135 หน้า

การวิจัยนี้มีจุดประสงค์เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานและ
ศึกษาการปฏิบัติการสอนที่ดีในการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ช่วยพัฒนาแบบจำลอง
ทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียน
38 คน จากโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งในสังกัด สพฐ. จังหวัดนครนายก รูปแบบ
การวิจัยเป็นวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การแบ่งเซลล์ เครื่องมือที่ใช้ในการ
วิจัย คือ บันทึกหลังสอน อนุทิน และแบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ ซึ่งใช้แบบ
วัดหลังเรียน เป็นคำถามอัตนัย ให้วาดภาพ และเขียนอธิบายเหตุผล จำนวน 12 ข้อ วิเคราะห์ข้อมูล
แบบวัดโดยการอ่านคำตอบ ตีความคำตอบ และจัดกลุ่มของแบบจำลองทางความคิดจากคำตอบ
หาค่าความถี่ ร้อยละแต่ละกลุ่ม ให้คะแนน และหาค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ย วิเคราะห์ข้อมูลบันทึก
หลังสอน อนุทิน โดยการวิเคราะห์เนื้อหาและการวิเคราะห์แบบอุปนัย ผลการวิจัยพบว่า หลังเรียน
นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์ในเรื่อง ความแตกต่างของการแบ่ง
เซลล์พืช เซลล์สัตว์ และความแตกต่างของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ไมโอซิส คิดเป็นร้อยละ 57.89
และ 50.00 ตามลำดับ โดยมีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยมากกว่าร้อยละ 80 สำหรับเรื่องที่มีร้อยละของ
คะแนนเฉลี่ยต่ำที่สุด (67.4) ได้แก่ เรื่องความสัมพันธ์ของ DNA โครมาตินและโครโมโซม
โดยภาพรวมทุกเรื่องมีร้อยละของคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 77.2 สำหรับแนวปฏิบัติที่ดีในการสอนพบว่า
การจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้เห็นของจริง ในชีวิตประจำวัน ได้สร้างแบบจำลองโดยการวาดภาพ
การใช้และประเมินแบบจำลองทางเลือกว่าด้วยตนเอง การใช้สื่อที่หลากหลายในการแก้ไขแบบจำลอง
การประยุกต์เพิ่มเติมในสถานการณ์ที่ไม่ซับซ้อน รวมทั้งควรจัดสรรเวลาให้มากขึ้นใน
กระบวนการพัฒนาแบบจำลองของผู้เรียน

Panisara Mairod 2014: The Development of 10th Graders' Mental Models of Cell Division Using Model-based Learning. Master of Education (Science Education), Major Field: Science Education, Department of Education. Thesis Advisor: Assistant Professor Pongprapan Pongsopon, Ph.D. 135 pages.

The aims of this study were to study the effects of Model-based Learning (MBL) on grade 10 students' mental model on the Unit of Cell Division and find a good practice of this approach. The participants were a classroom of 38 students from an extra-large sized secondary school under Office of The Basic Education Commission in Nakorn Nayok province. The research design was action research. The instruments included teachers' reflective notes, student journals and the Mental Model Test on Cell Division (MMTCD) which was administered after the intervention. The test consisted of 12 open-ended questions requiring the respondents to draw a picture, give reasons and explanations for their answers. The data on students' mental model were analyzed by thorough and repeated reading, interpreting and grouping guided by the analytical framework of Chi and Roscoe (2002). The frequency and percentage of each category were reported. Quantitatively, the mental model of each student on a particular concept was scored and averaged with others. The percentage of the average score was calculated out. The data on teaching practice were discerned by content and inductive analyses. The results showed that the majority of students had correct mental model (CMM) in the concepts of Plant and Animal Cell Division and the Differences in Mitosis and Meiosis by 57.89% and 50% respectively. When applying the scoring scheme, the percentages of the average score of the two concepts were higher than 80%. The concepts that had lowest percentage of average score was the Interrelationship between DNA, Gene, and Chromosome (67.4%). Regarding the good practice of MBL in the Unit of Cell division, the effective MBL are characterized as follows: 1) The teacher should use real objects, real life situations and a variety of instruction media; 2) She should encourage students to actively and collaboratively generate, apply and evaluate alternative models; 3) Sufficient time should be given into the model development stage.

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จได้ด้วยความช่วยเหลือในการให้คำแนะนำและแก้ไขการทำวิทยานิพนธ์จากผู้ช่วยศาสตราจารย์พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก รองศาสตราจารย์พรรณนภา ศักดิ์สูง อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม รวมทั้งคณะกรรมการในการสอบปากเปล่าซึ่งได้แก่ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ชาติรี ฝ้ายคำตา ผู้ช่วยศาสตราจารย์สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ ที่กรุณาให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องต่างๆ เพื่อให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความสมบูรณ์ ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณผู้ทรงคุณวุฒิทั้ง 4 ท่าน ที่ให้ความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและให้คำแนะนำอันเป็นประโยชน์ในการทำวิจัยให้มีความสมบูรณ์ยิ่งขึ้น ขอขอบพระคุณผู้บริหารบัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ที่กรุณาให้โอกาส ให้คำแนะนำ ให้คำปรึกษา ตลอดจนให้ความช่วยเหลือด้านวัสดุอุปกรณ์ในการทำวิจัยในครั้งนี้ รวมทั้งขอขอบคุณ นายอำนาจ หุ้มนรินทร์ และนางสาวมะนิสา สารวิก ครูผู้สอนรายวิชาชีววิทยาซึ่งให้ความอนุเคราะห์ในการจัดกลุ่มคำตอบของนักเรียนร่วมกัน โดยหาค่า inter-rater reliability coefficient

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการโรงเรียน หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คณะครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ที่ให้คำชี้แนะ และขอขอบคุณนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6 ซึ่งเป็นกลุ่มที่ศึกษา และกลุ่มทดลองใช้เครื่องมือวิจัย ที่ให้ความร่วมมือในการวิจัยครั้งนี้เป็นอย่างดี

ขอขอบพระคุณคณาจารย์ทุกท่านที่ได้ประสิทธิ์ประสาทวิชา รวมถึงผู้เขียนตำรา เอกสาร บทความต่างๆ ที่ผู้วิจัยได้ศึกษาค้นคว้าและนำมาอ้างอิงในงานวิจัยครั้งนี้ และขอขอบพระคุณบิดา มารดา ครอบครัวของข้าพเจ้า คุณชีวิต เพื่อน ที่คอยให้กำลังใจตลอดมา รวมทั้งประชาชนในประเทศไทย ที่ส่งเสริมสนับสนุนการศึกษา การทำวิจัยตลอดหลักสูตร ซึ่งเป็นแรงบันดาลใจที่จะพัฒนาการศึกษาตลอดอายุราชการในอาชีพครู

คุณค่าอันพึงมีจากวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นเครื่องบูชาพระคุณพระเจ้าแผ่นดิน บิดา มารดา ครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

ปาณิสรา ไม้รอด

มิถุนายน 2557

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง (3)

สารบัญภาพ (5)

บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญของปัญหา	1
คำถามการวิจัย	3
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	4
ขอบเขตของการวิจัย	4
นิยามศัพท์เฉพาะ	4
บทที่ 2 การตรวจเอกสาร	6
แบบจำลองในวิชาวิทยาศาสตร์	6
การจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน	9
การประเมินแบบจำลองทางความคิด	14
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	15
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	18
รูปแบบการวิจัย	18
กลุ่มที่ศึกษา	19
ข้อมูลพื้นฐาน	19
ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย	20
หน่วยการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การแบ่งเซลล์	20
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการหาคุณภาพ	26
การเก็บรวบรวมข้อมูล	29
การวิเคราะห์ข้อมูล	31
จริยธรรมการวิจัย	36

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์	37
ผลการวิจัย	37
ข้อวิจารณ์	69
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	73
สรุปผลการวิจัย	78
ข้อเสนอแนะ	80
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	82
ภาคผนวก	87
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	88
ภาคผนวก ข แบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์	90
ภาคผนวก ค ตัวอย่าง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน	98
ภาคผนวก ง เอกสารติดต่อโรงเรียนและผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	129
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	135

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	จำนวนและเวลาเรียน หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การแบ่งเซลล์	20
2	แผนการสอนรายหน่วย เรื่อง การแบ่งเซลล์ โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model - based learning Approach)	21
3	กรอบของเนื้อหาที่ใช้สร้างแบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์	27
4	การจำแนกตามกลุ่มแบบจำลองความคิดของ Chi and Roscoe (2002)	31
5	ตารางสรุปการเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลแยกตามวัตถุประสงค์การวิจัย	35
6	ความถี่ของจำนวนนักเรียน(ร้อยละ) ตามการจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิดแต่ละกลุ่ม ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การแบ่งเซลล์ หลังเรียน	37
7	แบบจำลองทางความคิดของนักเรียน เรื่อง ส่วนประกอบของเซลล์	40
8	แบบจำลองทางความคิดของนักเรียน เรื่อง ความสัมพันธ์ของ DNA โครมาตินและโครโมโซม	42
9	แบบจำลองทางความคิดของนักเรียน เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	43
10	แบบจำลองทางความคิดของนักเรียน เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส	46
11	แบบจำลองทางความคิดของนักเรียน เรื่อง ความแตกต่างของการแบ่งเซลล์พืชและเซลล์สัตว์	48

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่

หน้า

- 12 แบบจำลองทางความคิดของนักเรียน เรื่อง ความแตกต่างของการแบ่งเซลล์
แบบไมโทซิสและไมโอซิส

50



สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	กรอบแนวคิดของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง	12
2	ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน	13
3	ขั้นตอนการดำเนินงานของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ	18
4	แผนผังห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การแบ่งเซลล์	19
5	ขั้นตอนการวิเคราะห์เนื้อหาและการวิเคราะห์แบบอุปนัยจากแผนที่ 1-แผนที่ 4	34
6	แผนภูมิแท่งความถี่และร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบบจำลองทางความคิดกลุ่มต่างๆ ในแต่ละหัวข้อของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การแบ่งเซลล์ หลังเรียน	39
7	แผนภูมิแท่งความถี่และร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบบจำลองทางความคิดกลุ่มต่างๆ ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การแบ่งเซลล์ หลังเรียน	39
8	ตัวอย่างภาพวาดจำนวนโครโมโซมของนักเรียน ที่มีจำนวนโครโมโซมลดลง	45
9	ตัวอย่างภาพวาดจำนวนโครโมโซมของนักเรียน ที่ไม่สอดคล้องกับจำนวนโครโมโซม	45
10	ตัวอย่างภาพวาดโครโมโซมของนักเรียน ในระยะ anaphase I	47
11	ตัวอย่างภาพวาดโครโมโซมของนักเรียน ในขณะเกิดกระบวนการ crossing over	48
12	ตัวอย่างภาพวาดเซลล์ที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสของนักเรียน	48
13	ตัวอย่างภาพกิจกรรมขั้นสร้างแบบจำลอง แผนที่ 1	52

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
14	ตัวอย่างภาพวาดการแบ่งเซลล์จากความรู้เดิม แผนที่ 1	52
15	นักเรียนวาดการแบ่งเซลล์จากความรู้เดิม แผนที่ 2	53
16	นักเรียนใช้กล้องจุลทรรศน์ในกิจกรรมแผนที่ 2	54
17	นักเรียนวาดภาพจากภาพถ่ายในกิจกรรมแผนที่ 2	54
18	การศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมไปปรับปรุงแบบจำลอง แผนที่ 2	55
19	การเรียงลำดับภาพการแบ่งเซลล์เพื่อศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมไปปรับปรุงแบบจำลอง	55
20	การเปรียบเทียบข้อมูลของแต่ละกลุ่มเพื่อปรับปรุงแบบจำลอง	56
21	การนำข้อมูลเพิ่มเติมไปปรับปรุงแบบจำลองให้มีความชัดเจน แผนที่ 2	56
22	นักเรียนแต่ละกลุ่มวิเคราะห์แบบจำลองของทุกกลุ่ม แผนที่ 2	56
23	นักเรียนเรียงลำดับภาพจากข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงแบบจำลอง แผนที่ 3	58
24	นักเรียนการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมและวิเคราะห์แบบจำลองของทุกกลุ่ม เพื่อปรับปรุงแบบจำลอง แผนที่ 3	59
25	นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองของทุกกลุ่มเพื่อปรับปรุงแบบจำลอง แผนที่ 3	59

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

แนวคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์ เป็นพื้นฐานสำหรับพันธุศาสตร์ การสืบพันธุ์ การเจริญเติบโต การพัฒนา และชีวโมเลกุล (Dikmenli, 2010) สอดคล้องกับความคิดของ Tapon, Moberg, and Hariharan (2001) และ Williams (2012) ที่พบว่าความรู้เรื่องการแบ่งเซลล์เป็นพื้นฐานของความเข้าใจในกระบวนการเจริญเติบโต โดยสรุปแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์ทำให้นักเรียนทำความเข้าใจในเรื่องอื่น ๆ ในรายวิชาชีววิทยาได้ดียิ่งขึ้น ตามหลักสูตรแกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (พ.ศ. 2551) ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (สสวท., 2551) ใช้เนื้อหาเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์ มาอธิบายเนื้อหาส่วนอื่น ๆ เช่น การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของพืชและสัตว์ การถ่ายทอดลักษณะพันธุกรรมที่กล่าวถึงการเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมขณะที่มีการแบ่งเซลล์ การอธิบายทฤษฎีโครโมโซมในการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่กล่าวถึงการเข้าคู่กันของโครโมโซมขณะแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ความผิดปกติทางพันธุกรรมที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงจำนวนโครโมโซมขณะมีการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส จำนวนและลักษณะของโครโมโซมในการแบ่งเซลล์แต่ละแบบที่แตกต่างกัน เป็นต้น

จากการศึกษาพบว่า การศึกษาของนักเรียนในแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์ยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อนอยู่หลายส่วน เช่น การศึกษาและเปรียบเทียบแนวความคิดเลือก (alternative concept) เกี่ยวกับแนวคิดชีววิทยาเรื่อง เซลล์ การแบ่งเซลล์ และการเคลื่อนที่ของสารผ่านเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียนโดยส่วนรวมที่จำแนกตามเพศ และระดับความพร้อมในการสอนวิชาชีววิทยา มีแนวความคิดที่ผิดพลาดมากที่สุดในแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์ (ร้อยละ 31.25 – 36.25) (ถวัลย์ จันทะรัง, 2545) ซึ่งงานวิจัยระบุสาเหตุ ของแนวความคิดคลาดเคลื่อนว่ามาจากนักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับแนวคิดย่อยในแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์ไม่ชัดเจน สอดคล้องกับการศึกษาของ Dikmenli (2010) ที่ศึกษาแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์ของนักศึกษาครูชีววิทยา โดยวิเคราะห์จากการวาดภาพ และสัมภาษณ์พบว่านักศึกษามีความสับสนในรายละเอียดของกระบวนการแบ่งเซลล์ และเหตุการณ์สำคัญที่เกิดขึ้นในแต่ละระยะ การค้นพบแสดงว่าสิ่งสำคัญคือนักเรียนไม่สามารถบอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างวัฏจักรของเซลล์กับการแบ่งเซลล์ได้ และจากประสบการณ์การสอนของผู้วิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้ในเนื้อหาเรื่องการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ นักเรียนไม่เข้าใจเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมจากการแบ่งเซลล์แต่ละระยะ เมื่อให้นักเรียนวาดภาพระยะของการแบ่งเซลล์หลังจากนักเรียน

ศึกษาเซลล์จากกล้องจุลทรรศน์ เมื่อตรวจสอบจากภาพวาดของนักเรียน นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถวาดรายละเอียดที่ถูกต้องในแต่ละระยะของการแบ่งเซลล์แต่ละแบบได้ หรือเขียนรายละเอียดของระยะในการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสสลับกับระยะการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส รวมทั้งผู้วิจัยยังไม่ได้ใช้แนวคิดของนักเรียนที่ค้นพบมาปรับปรุงการสอน ส่วนการจัดการเรียนรู้เรื่องพันธุกรรม เมื่อผู้วิจัยติดตามนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 พบว่านักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงเรื่อง การแบ่งเซลล์ กับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจากกฎของเมนเดล ซึ่งเป็นการยืนยันว่าแนวคิดคลาดเคลื่อนมีความคงทนเมื่อนักเรียนไม่เข้าใจ การแบ่งเซลล์จะส่งผลต่อการเรียนในเนื้อหาที่เกี่ยวข้องในเรื่องระดับสูงต่อไป เช่น พันธุศาสตร์ การสืบพันธุ์ การเจริญเติบโต การพัฒนา และสารชีวโมเลกุล และสาเหตุของการที่นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในรายละเอียดของแต่ละระยะการแบ่งเซลล์มีหลายสาเหตุ เนื่องจากธรรมชาติของเนื้อหาเรื่อง กระบวนการแบ่งเซลล์มีลักษณะเป็นนามธรรม มีความซับซ้อน การจัดการเรียนรู้ เรื่อง การแบ่งเซลล์ ในโรงเรียน ไม่สามารถแสดงให้เห็นชัดเจนอย่างต่อเนื่องซึ่งเป็นไปในลักษณะเดียวกับภาพที่ปรากฏในตำรา (Kiboss, Ndirangu, and Wekesa, 2004)

การจัดการเรียนรู้ เรื่อง การแบ่งเซลล์ ที่พบมากในปัจจุบัน จากการตรวจสอบเอกสารเป็น การศึกษาจากเซลล์ของรากหอมแดงที่ส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ จะได้ภาพที่มีขนาดเล็ก ไม่ชัดเจน จึงต้องให้นักเรียนตรึงเซลล์ให้อยู่ในระยะที่ไม่แบ่งเซลล์ จึงคล้ายกับเป็นภาพนิ่งเพื่อให้นักศึกษาภาพของ การแบ่งเซลล์ในแต่ละระยะได้อย่างละเอียด ซึ่งวิธีนี้ไม่สามารถทำให้เห็นกระบวนการต่อเนื่องทาง ธรรมชาติของการแบ่งเซลล์ได้ (Kiboss *et al.*, 2004) จึงมีการใช้คอมพิวเตอร์ แผนภาพ คลิปวิดีโอ ช่วยสอนในการจัดการเรียนรู้มากขึ้น เพราะคอมพิวเตอร์ช่วยแนะนำนักเรียนเป็นการจัดการเรียนรู้ที่มี การใช้แบบจำลองมาเป็นสื่อ ซึ่งจะทำให้มองเห็นแนวคิดนามธรรมโดยเป็นการเน้นการรับรู้ แต่ยังไม่ได้ ให้ความสำคัญกับความรู้เดิมของนักเรียน และไม่เน้นกระบวนการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง แต่การ สร้างแบบจำลองจะช่วยในกระบวนการเรียนรู้เฉพาะบุคคล ตามทักษะความเข้าใจของนักเรียน และ ข้อมูลสรุปวิชาที่เรียนด้วยการสนับสนุนเสมือนจริง (แบบจำลอง) เป็นการเน้นมากกว่าวิชาที่เรียนด้วย เครื่องมือช่วยที่เป็นคอมพิวเตอร์ (GÜNE and ÇELİKLER, 2010) และมีการแนะนำการใช้วิธีการวาด สำหรับตัดสินใจแนวคิดที่ผิด และการเรียนที่ยากสำหรับการเรียนในอนาคต (Dikmenli, 2010)

วิธีการในการแก้ไขปัญหา คือ การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอนหลัก คือ 1) การสร้างแบบจำลอง 2) การใช้และประเมินแบบจำลอง 3) การปรับปรุงและ แก้ไขแบบจำลอง 4) การขยายแบบจำลอง คือเริ่มจากการกระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างแบบจำลองทาง ความคิดที่เป็นตัวแทนของวัตถุ แนวคิด เหตุการณ์ หรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ กระตุ้นให้นักเรียนแสดง แบบจำลองออกมา ซึ่งสอดคล้องกับทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง (สุรางค์ โค้วตระกูล,

2548) และนักเรียนเกิดการเรียนรู้เช่นเดียวกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ที่ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (Inquiry) ซึ่งครูและนักเรียนมีการประเมินแบบจำลองเพื่อสนับสนุน ปรับปรุงหรือปฏิเสธแบบจำลองหากไม่เหมาะสมในการเป็นตัวแทนของปรากฏการณ์ที่ศึกษานั้น ๆ โดยให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการประเมิน หลังจากนั้นนักเรียนปรับปรุง แก้ไขแบบจำลองให้มีความเหมาะสม และนำแบบจำลองไปอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาเพื่อขยายแนวคิดให้กว้างขึ้นต่อไป (Buckley *et al.*, 2004) และในการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานจะมีการใช้แบบจำลองพื้นฐานที่เป็นรูปธรรม ภาพ ภาพเคลื่อนไหว วัสดุต่าง ๆ เป็นส่วนช่วยแสดงออกของแบบจำลองความคิด ได้ชัดเจนขึ้น ซึ่งตรงกับข้อเสนอแนะจากการศึกษาของ ณัฏฐุต เกื้อทาน, ชาตรี ฝ่ายคำตา, และ สุตจิต สงวนเรือง (2554) ที่กล่าวว่า ครูควรใช้แบบจำลองหลายชนิดเพื่อที่จะช่วยให้นักเรียนมองเห็นภาพความสัมพันธ์ของปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์ มาเป็นสื่อในการจัดกิจกรรม เช่น แบบจำลอง แอนิเมชัน การอุปมาอุปไมย แบบจำลองลูกโป่ง แบบจำลอง กระดาษ บทบาทสมมติ แบบจำลองลูกพลาสติก การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ดังที่กล่าวมานั้น เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้ผู้เรียนได้ลงมือปฏิบัติ กิจกรรมการเรียนรู้ด้วยตนเอง มีการปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมภายนอก ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งมีคุณลักษณะคือ ผู้เรียนสร้างความเข้าใจในสิ่งที่เรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้สิ่งใหม่ขึ้นกับความรู้เดิม และความเข้าใจที่มีอยู่ในปัจจุบัน การมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมมีความสำคัญต่อการเรียนรู้ และการจัดสิ่งแวดล้อม กิจกรรมที่คล้ายคลึงกับชีวิตจริง ทำให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2548) โดยองค์ความรู้ที่ได้มา ก็คือ Mental Model ซึ่งบุคคลสามารถถ่ายทอด mental model ออกมาได้โดยการสร้างแบบจำลองภายนอก (expressed model) ซึ่งเป็นแบบจำลองที่ถ่ายทอดออกมาจาก mental model (สุทธิดา จำรัส, 2549)

ด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยในฐานะครูผู้สอนวิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จึงสนใจที่จะจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน เพื่อช่วยพัฒนาแบบจำลองความคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์ เพื่อเป็นแนวทางในการจัดการเรียนการสอนให้กับครูและผู้เกี่ยวข้องนำการใช้แบบจำลองเป็นฐานประยุกต์ในการสอนเนื้อหา เรื่อง การแบ่งเซลล์

คำถามการวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์ อย่างไร เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน
2. การจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานมีการปฏิบัติที่ดีเป็นอย่างไร เพื่อช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีผลต่อแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อศึกษาการปฏิบัติการสอนที่ดีในการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ขอบเขตของการวิจัย

1. สถานที่ดำเนินการวิจัย คือ โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 7
2. กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ศึกษาวิชาชีววิทยา ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 38 คน
3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ เนื้อหาวิชาชีววิทยา เรื่อง การแบ่งเซลล์ ตามคู่มือการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (พ.ศ. 2551) ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) โดยครอบคลุม 4 เนื้อหาหลัก ดังนี้ 1) ส่วนประกอบของเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ 2) การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (mitosis) 3) การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (meiosis) 4) ความแตกต่างระหว่างไมโทซิสและไมโอซิส (สสวท., 2551)
4. ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ช่วงเดือน สิงหาคม – กันยายน 2556 โดยสอนเป็นเวลา 3 คาบ / สัปดาห์ คาบละ 50 นาที รวม 12 คาบ

นิยามศัพท์เฉพาะ

การจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based Learning) หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้ผู้เรียนสร้างและปรับปรุงแบบจำลองเพื่ออธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่ศึกษา โดยออกแบบตามกรอบแนวคิดการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานของ Gobert, Barbara, and Buckley (2000) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การสร้างแบบจำลอง (Model formation) ผู้สอนกระตุ้นให้นักเรียนนำประสบการณ์เดิม (constructivism เริ่มต้น) จากแบบจำลองพื้นฐาน สร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับสถานการณ์ จากปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยวาดภาพและอธิบายแบบจำลองด้วยภาษาพูด

2. การใช้และประเมินแบบจำลอง (Use and evaluation) นักเรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้น ไปอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาและประเมินแบบจำลอง

3. การปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง (Model revision) นักเรียนรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมต่าง ๆ แลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนและครู เกี่ยวกับสาเหตุการเกิดปรากฏการณ์ โครงสร้าง หน้าที่ การทำงาน ของ ปรากฏการณ์ที่ศึกษา เพื่อปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดียิ่งขึ้น

4. การขยายแบบจำลอง (Model elaboration) นักเรียนนำแบบจำลองไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแบบจำลองทางความคิดให้กว้างขึ้นและนำไปใช้ประโยชน์

แบบจำลองทางความคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์ หมายถึง ตัวแทนของภาพสะท้อนความคิด หรือ องค์ความรู้ของนักเรียนที่แสดงจากการทำความเข้าใจ การให้เหตุผล การอธิบาย การทำนาย เหตุการณ์ โดยวาดภาพและอธิบายแบบจำลองด้วยภาษาพูด เกี่ยวกับเนื้อหา 6 เรื่อง คือ 1) ส่วนประกอบของเซลล์ 2) ความสัมพันธ์ของ DNA โครมาติน และโครโมโซม 3) การแบ่งเซลล์แบบ ไมโทซิส 4) การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส 5) ความแตกต่างของการแบ่งเซลล์พืชและการแบ่งเซลล์สัตว์ 6) ความแตกต่างของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

การปฏิบัติการสอนที่ดี หมายถึง วิธีปฏิบัติหรือขั้นตอนการปฏิบัติการสอนที่ทำให้นักเรียนเกิด การเรียนรู้ โดยมีการสังเคราะห์วิธีปฏิบัติหรือขั้นตอนการปฏิบัติตลอดจนความรู้และประสบการณ์ จากการสะท้อนของครู ปรับปรุง ติดตาม ตรวจสอบการสอนอย่างต่อเนื่องและเป็นระบบ จากบันทึก หลังสอนประกอบกับวิดิทัศน์การสอนและอนุทินของนักเรียน โดยมีหลักฐานของความสำเร็จปรากฏ ชัดเจน

บทที่ 2

การตรวจเอกสาร

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเพื่อศึกษา แบบจำลองความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เมื่อมีการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน และศึกษาการปฏิบัติที่ดีในการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน ที่ช่วยพัฒนาแบบจำลองความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้วิจัยได้ตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นกรอบแนวคิดในการดำเนินการวิจัย ดังนี้

1. แบบจำลองในวิชาวิทยาศาสตร์
 - 1.1 ความหมายของแบบจำลอง
 - 1.2 ประเภทของแบบจำลอง
2. การจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน
 - 2.1 ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง
 - 2.2 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์
 - 2.3 รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน
3. การประเมินแบบจำลองทางความคิด
4. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 4.1 การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดและแนวคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์
 - 4.2 แบบจำลองทางความคิดและแนวคิดที่คลาดเคลื่อน เรื่อง การแบ่งเซลล์

แบบจำลองในวิชาวิทยาศาสตร์

ความหมายของแบบจำลอง

นักวิชาการและนักวิจัยหลายท่าน ได้ให้ความหมายของแบบจำลองที่แตกต่างกัน เช่น Gilbert *et al.* (2000) กล่าวว่า แบบจำลองแสดงปรากฏการณ์ธรรมชาติเริ่มต้นซึ่งสร้างขึ้นสำหรับวัตถุประสงค์ที่มีความเฉพาะเจาะจง และ Halloun (2006) กล่าวว่า แบบจำลองเป็นแผนที่ในประเด็นที่มีความเฉพาะเจาะจงบนรูปแบบเฉพาะในโลกแห่งความเป็นจริง ซึ่งบทบาทหน้าที่ของแบบจำลองนั้น สามารถแสดงกรอบแนวคิดซึ่งเราเห็นจริงได้ อธิบายได้ และทำนายพฤติกรรมของระบบได้ ส่วนแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ Treagust *et al.* (2002) กล่าวว่า ไม่เพียงแต่จะใช้เป็น

เครื่องมือเรียนรู้ในทางวิทยาศาสตร์เท่านั้น แต่ใช้แสดงแทนแนวคิดที่เป็นนามธรรมและเป็นแบบจำลองมติของกลุ่มในทฤษฎีทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษาความหมายและหน้าที่ของแบบจำลอง สรุปได้ว่า แบบจำลองเป็นสิ่งที่สร้างขึ้นจากวัตถุประสงค์เฉพาะโดยใช้เป็นตัวแทนแนวคิดที่เป็นนามธรรม กระบวนการ หรือระบบ เพื่ออธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติ

ประเภทของแบบจำลอง

การแบ่งประเภทของแบบจำลองที่มีหลายรูปแบบ เช่น Gilbert (2005) ได้จำแนกแบบจำลองเป็น 5 ประเภท โดยอาศัยลักษณะของแบบจำลองเป็นเกณฑ์ ดังนี้

1. แบบจำลองทางความคิด (mental model) เป็นแบบจำลองเฉพาะของแต่ละบุคคล ที่สร้างขึ้นโดยแต่ละบุคคล
2. แบบจำลองที่แสดงออก (expressed model) เป็นการนำเสนอแบบจำลองทางความคิดเพื่อสื่อสารให้ผู้อื่นได้รับรู้
3. แบบจำลองมติของกลุ่ม (consensus model) เป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับจากกลุ่มบุคคลที่ศึกษาเรื่องนั้นๆ
4. แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ (scientific model) เป็นแบบจำลองที่ได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์
5. แบบจำลองประวัติศาสตร์ (historical model) เป็นแบบจำลองที่เคยได้รับการยอมรับจากประชาคมวิทยาศาสตร์

Gilbert *et al.* (2000) แบ่งประเภทของแบบจำลองจากการใช้งาน เป็น 10 ประเภท ดังนี้

1. คำพูด (concrete) เป็นแบบจำลองสามมิติ เช่น หัวใจพลาสติก
2. รูปธรรม (Verbal) เป็นแบบจำลองซึ่งใช้การฟังหรือการอ่าน การอธิบาย การเล่าเรื่อง การเปรียบเทียบ และการอุปมา เช่น การสูบฉีดของหัวใจ

3. ภาพ (Visual) เป็นแบบจำลองที่เห็นได้ เช่น แผนภาพ ภาพเคลื่อนไหว การจำลองบางอย่าง วีดีโอ เช่น การโคจรและรูปร่างของอุปราคา

4. ทางคณิตศาสตร์ (Mathematical) เป็นแบบจำลองที่เป็นสูตร สมการ และการลงบางอย่าง เช่น สมการการโคจรของดาวเคราะห์

5. ท่าทาง (Gestural) เป็นแบบจำลองที่เป็นการเคลื่อนไหวของร่างกาย หรือส่วนใดส่วนหนึ่ง เช่น ระบบสุริยะ ที่สร้างจากการเคลื่อนที่ของนักเรียนล้อมรอบกันและกัน

6. รูปธรรมผสม (Concrete mixed) แบบจำลองรูปธรรม กับภาพ คำพูด และหรือ องค์ประกอบที่เป็นตัวเลข เช่น แบบจำลองวงโคจรดาวเคราะห์ที่มีป้ายอธิบาย

7. คำพูดผสม (Verbal mixed) เป็นตัวอักษร กับภาพ หรือ องค์ประกอบที่เป็นตัวเลข เช่น ตัวอักษรอธิบายโครงสร้างของหัวใจ กับแผนภาพที่เกี่ยวข้องกัน

8. ภาพผสม (Visual mixed) เป็นแบบจำลองภาพ กับคำพูด และหรือ องค์ประกอบที่เป็นตัวเลข เช่น แผนภาพโครงสร้างหัวใจที่มีคำอธิบายประกอบ

9. ทางคณิตศาสตร์ผสม (Mathematical mixed) เป็นสมการและสูตร กับการอธิบายด้วยคำพูด เช่น สมการการโคจรของดาวเคราะห์ กับตัวอักษรที่อยู่ข้างใต้

10. ท่าทางผสม (Gestural mixed) เป็นการแสดงออก กับการอธิบายด้วยคำพูด เช่น นักเรียนพูดเกี่ยวกับการเคลื่อนที่ของพวกเขาที่คล้ายกับการเคลื่อนที่ของโลกและดวงจันทร์

จากการศึกษาการแบ่งประเภทของแบบจำลองสรุปได้ว่า การแบ่งประเภทของแบบจำลองนั้น ขึ้นอยู่กับเกณฑ์ในการแบ่ง เช่น ลักษณะ การใช้งาน การแสดงออก ซึ่งแต่ละเกณฑ์มีความสอดคล้องกัน เช่น มีแบบจำลองที่รับรู้จากการแสดงออก คือ รูปธรรม ภาพ สัญลักษณ์ คำพูด ท่าทาง และมีแบบจำลองที่อยู่ภายใน คือ ความคิด โดยการแสดงออกของแบบจำลองที่สมบูรณ์ต้องมีความสัมพันธ์ของแบบจำลองแต่ละแบบ

ดังนั้นผู้วิจัยจึงใช้การวัดแบบจำลองทางความคิด ซึ่งเป็นสร้างขึ้นภายในบุคคลแต่ละคน และประเมินด้วยการแสดงออกของแบบจำลองประเภท รูปธรรม ภาพ และคำพูด

แบบจำลองทางความคิด นักการศึกษาและนักวิจัยหลายท่านกล่าวถึง แบบจำลองทางความคิด (mental model) ไว้อย่างหลากหลาย ดังนี้

Johnson-Laird (1983 cited in Coll 1999) กล่าวว่า แบบจำลองทางความคิดเป็นโครงสร้างในการรับรู้พื้นฐาน โดยมีการสร้างความคิดขึ้นในสมองของผู้เรียน เป็นการอธิบายการเรียนรู้ซึ่งจะมีโครงสร้างของความรู้ที่เรียกว่า แผ่นแม่แบบในสมอง เป็นการสร้างแนวคิด ความรู้ขึ้นในสมอง

Vosgerau (2006) กล่าวว่า ทฤษฎีแบบจำลองทางความคิดได้รับการพัฒนาจากตรรกะทางความคิดและใช้การแทนด้วยรูปแบบของภาษา ซึ่งประยุกต์กับการประมวลข้อมูลใหม่

จากที่กล่าวมาแล้ว สรุปได้ว่า แบบจำลองทางความคิด คือ กระบวนการของความคิดที่เป็นความคิดรวบยอดจากข้อมูล ความรู้ แนวคิดที่ได้รับ และแบบจำลองทางความคิดสามารถเป็นข้อมูลเกี่ยวกับกรอบแนวคิดของผู้เรียน ซึ่งอยู่ในโครงสร้างของความรู้เหมือนกับแบบจำลอง (Vosniadou, 1994)

การจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง

สรวงศ์ โค้วตระกูล (2552) กล่าวว่า ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง Constructivism มีหลักการที่สำคัญว่า ในการเรียนรู้ผู้เรียนจะต้องเป็นผู้กระทำ (active) และสร้างความรู้ แต่ในกลุ่มนักจิตวิทยา Constructivists มีความเห็นแตกต่างกันในเรื่องการเรียนรู้หรือการสร้างความรู้ว่าเกิดขึ้นได้อย่างไร ทั้งนี้เนื่องจากความเชื่อพื้นฐานของ Constructivism จึงแบ่งออกเป็น 2 ทฤษฎี ได้แก่

1. Cognitive Constructivism หมายถึง ทฤษฎีการเรียนรู้พุทธิปัญญานิยมที่มีรากฐานมากจากทฤษฎีพัฒนาการของพือาเจต์ ทฤษฎีนี้ถือว่าผู้เรียนเป็นผู้กระทำ (active) และเป็นผู้สร้างความรู้ขึ้นในใจเอง ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมมีบทบาทในการก่อให้เกิดความไม่สมดุลทางพุทธิปัญญานิยมขึ้น เป็นเหตุให้ผู้เรียนปรับความเข้าใจเดิมที่มีอยู่ให้เข้ากับข้อมูลข่าวสารใหม่ จนกระทั่งเกิดความสมดุลทางพุทธิปัญญานิยม หรือเกิดความรู้ใหม่ (Fowler, 1994 และ Greens *et al.*, 1996 อ้างในสรวงศ์ โค้วตระกูล, 2552)

2. Social Constructivism เป็นทฤษฎีที่มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการของวิกตอทสกี ซึ่งถือว่าผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่น (ผู้ใหญ่หรือเพื่อน) ในขณะที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมหรืองาน ในสถานะสังคม (Social context) ซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญและขาดไม่ได้ ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมทำให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจเดิมให้ถูกต้องหรือซับซ้อนกว้างขวางขึ้น (Bruning *et al.*, 1999 อ้างใน สุรางค์ โค้วตระกูล, 2552)

ทิมพ์สัน เดชะคุปต์ (2544) ได้กล่าวถึง ทฤษฎีการสร้างความรู้ด้วยตนเองว่า การเรียนรู้นั้นนักเรียนต้องเป็นผู้กระทำ และเป็นผู้สร้าง ความรู้จากความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความเข้าใจที่มีอยู่เดิม และเชื่อว่านักเรียนสามารถสร้างความรู้ของตนเองและนักเรียนมีความรู้เดิมมาก่อน

ดังนั้น ผู้วิจัยจึงมีการตรวจสอบประสบการณ์เดิมของนักเรียนโดยมีการวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง ส่วนประกอบของเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ เพื่อดูความสัมพันธ์ของการสร้างองค์ความรู้ใหม่ของนักเรียนกับความรู้เดิมของนักเรียนด้วย และในการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในขั้นตอนที่ 1 การสร้างแบบจำลอง เป็นการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนส่วนในการทำกิจกรรมกลุ่มในการจัดการเรียนรู้ นักเรียนได้ใช้ปฏิสัมพันธ์กับเพื่อนในกลุ่มเพื่อแสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับแบบจำลองที่สร้างขึ้นด้วย

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์

การจัดการเรียนรู้ในวิชาวิทยาศาสตร์ มีเป้าหมายเพื่อให้ นักเรียนสามารถอธิบายปรากฏการณ์ทางธรรมชาติโดยใช้เหตุผล เกิดกระบวนการคิด เชื่อมโยงกับชีวิตประจำวันได้ การจัดการเรียนรู้รูปแบบหนึ่งที่มีความเหมาะสมกับเป้าหมายดังกล่าว คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการจัดการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งมีผู้กำหนดแนวทางการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้อยู่หลายคน ดังนี้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2551) ให้ความหมายไว้ว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการสอนที่มุ่งเน้นให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง และเรียนรู้เรื่องใหม่จะมีพื้นฐานมาจากความรู้เดิม โดยอาศัยกระบวนการที่นักเรียนต้องสืบค้น เพื่อให้เกิดความเข้าใจและสร้างองค์ความรู้ของนักเรียนเอง

Lawson (2000) ได้กล่าวถึงการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ว่าเป็นวิธีสอนที่ความหลากหลาย เช่น การทดลอง การตั้งคำถาม การสาธิต การทำงานเป็นกลุ่ม การสำรวจ การใช้เทคโนโลยีในการศึกษาเพื่อให้เกิดรูปธรรม นักเรียนจะเข้าใจมากกว่าการท่องจำ

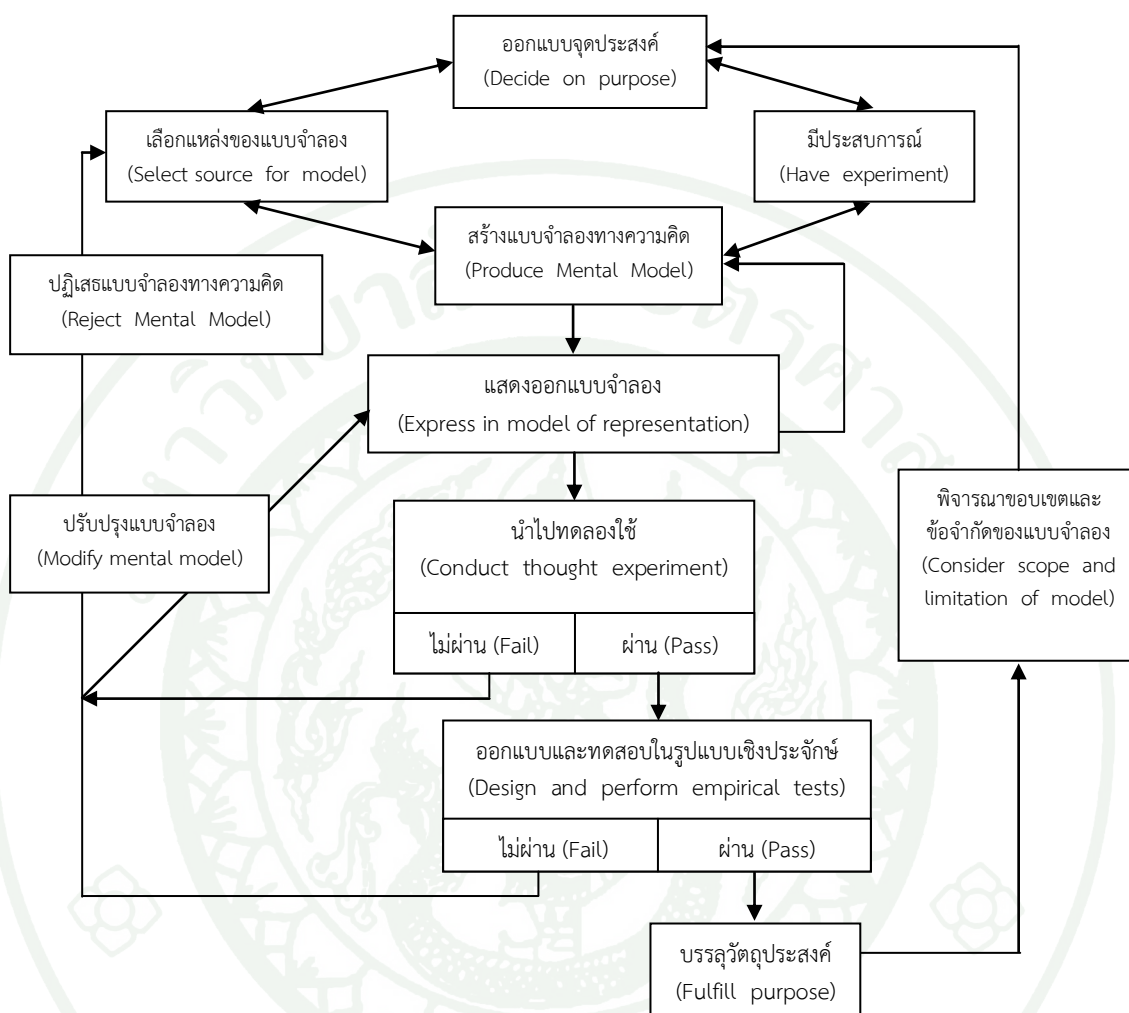
Layman (1996) ได้ให้ความหมายไว้ว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการใช้คำถามที่เกี่ยวข้องกับประสบการณ์เดิมของนักเรียน เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนมีส่วนร่วม ทำความเข้าใจความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยลงมือด้วยตนเอง และมีปฏิสัมพันธ์กับผู้อื่น เช่น เพื่อนนักเรียน ครู

จากความหมายทั้งในและต่างประเทศสามารถสรุปได้ว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการสอนที่เน้นการปฏิบัติด้วยตนเอง และมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกับผู้อื่น เพื่อให้ นักเรียนสร้างประสบการณ์จากการเรียนรู้ด้วยตนเอง และมีความรู้ความเข้าใจได้ดี ซึ่งการสอนในวิชาวิทยาศาสตร์ในประเทศไทย จะมีการเน้นให้ใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ และมีการขยายขั้นตอนเพื่อให้ เกิดความละเอียดมากขึ้น ส่งผลให้การเรียนรู้ของนักเรียนมีประสิทธิภาพ

รูปแบบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

นักการศึกษา และนักวิจัยหลายท่านได้ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน จากกระบวนการสร้างแบบจำลอง นักวิทยาศาสตร์มีการทดลอง ค้นหา สรุปหลักการหรือกฎ แล้ว จะพิจารณาแบบจำลองว่าสามารถอธิบาย ข้อสรุป หลักการนั้นได้หรือไม่ ถ้าไม่ได้จะมีการปรับปรุงหรือสร้างแบบจำลองใหม่ ดังนั้นการสอนวิทยาศาสตร์ควรควรให้นักเรียนได้ฝึกสร้างหรือปรับปรุงแบบจำลองเพื่อให้นักเรียนฝึกปฏิบัติเช่นเดียวกับนักวิทยาศาสตร์ ควรควรกระตุ้นให้นักเรียนคิดสร้างแบบจำลองเพื่อมาอธิบายสิ่งต่างๆ ถ้าไม่ได้จึงให้สร้างแบบจำลองใหม่มาอธิบาย ซึ่งการจัดการเรียนรู้ในลักษณะนี้ เรียกว่า การจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Gilbert *et al.*, 2000) และมีการกล่าวถึงกรอบแนวคิดและขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน ไว้หลายแบบ

Justi and Gilbert (2002) ได้กำหนดกรอบแนวคิดของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง ดังภาพที่ 1



ภาพที่ 1 กรอบแนวคิดของแบบจำลองและการสร้างแบบจำลอง
ที่มา: Justi and Gilbert (2002)

Gobert and Buckley (2000) ได้กำหนดขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน ดังนี้

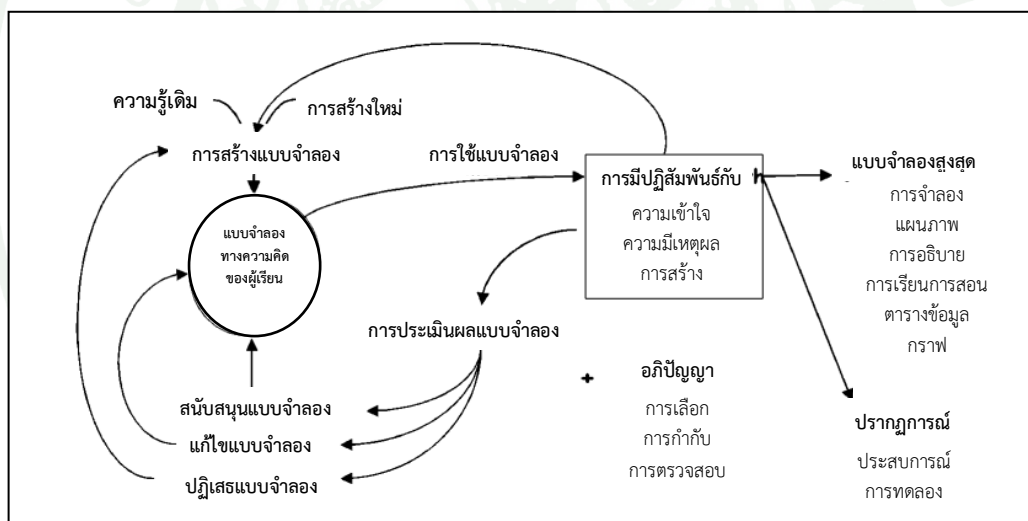
1. นักเรียนสร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ที่ศึกษา และครูผู้สอนทำการประเมินเพื่อสรุปแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนจากเหตุผลที่นักเรียนใช้ในการอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา

2. นักเรียนสร้างแบบจำลอง โดยนักเรียนรวบรวมข้อมูลต่างๆเข้าด้วยกันทั้งข้อมูลเกี่ยวกับโครงสร้าง หน้าที่การทำงาน พฤติกรรม และสาเหตุการเกิดขึ้นของปรากฏการณ์นั้นๆ เขียนเป็นแผนผังแนวคิด (concept mapping) โดยเปรียบเทียบจากปรากฏการณ์ที่คล้ายคลึง (analogous system) ที่นักเรียนทราบ จากนั้นตรวจสอบข้อมูลแล้วจึงลงมือสร้างแบบจำลอง

3. นำแบบจำลองไปทดลองใช้และประเมิน ซึ่งอาจพบว่าแบบจำลองของนักเรียนที่สร้างขึ้นได้รับการปฏิเสธเนื่องจากใช้อธิบายปรากฏการณ์ได้ไม่ดี ต้องกลับไปปรับปรุงและแก้ไขให้ดีขึ้น

4. ขยายแบบจำลอง โดยให้นักเรียนนำแบบจำลองเดิมไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อให้แนวคิดกว้างขึ้น

Buckley and Gobert (2004) ได้กำหนดขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานเป็นวงจรการเรียนรู้ ดังภาพที่ 2



ภาพที่ 2 ขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ที่มา: Buckley et al. (2004)

จากที่กรอบแนวคิดและขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ของนักการศึกษา มีการกล่าวไว้หลายรูปแบบซึ่งมีความสอดคล้อง สัมพันธ์กัน และกระบวนการเรียนรู้นั้นเกิดเป็นวงจรที่มีความต่อเนื่องกัน ซึ่งนักการศึกษาหลายท่านได้มีการใช้กรอบแนวคิดของ Justi and Gilbert (2002) เพื่อกำหนดขั้นตอนไว้หลากหลายรูปแบบ ตามความเหมาะสม และจากการศึกษารูปแบบของ Gobert and

Buckley (2000) มีการลำดับขั้นตอนไว้อย่างครอบคลุม และชัดเจน ดังนั้นการวิจัยนี้ ผู้วิจัยได้สรุปขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model-based Learning) เป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. การสร้างแบบจำลอง (Model formation) ผู้สอนกระตุ้นให้นักเรียนนำประสบการณ์เดิมจากแบบจำลองพื้นฐาน สร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับสถานการณ์จากปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยวาดภาพและอธิบายแบบจำลองด้วยภาษาพูด

2. การใช้และประเมินแบบจำลอง (Use and evaluation) นักเรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา และประเมินแบบจำลอง

3. การปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง (Model revision) นักเรียนรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมต่างๆ แลกเปลี่ยนเรียนรู้กับเพื่อนและครู เกี่ยวกับสาเหตุการเกิดปรากฏการณ์ โครงสร้าง หน้าที่ การทำงาน ของปรากฏการณ์ที่ศึกษา เพื่อปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดียิ่งขึ้น

4. การขยายแบบจำลอง (Model elaboration) นักเรียนนำแบบจำลองไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแบบจำลองทางความคิดให้กว้างขึ้น และนำไปใช้ประโยชน์

การประเมินแบบจำลองทางความคิด

การประเมินแบบจำลองทางความคิดมีการแบ่งระดับแบบจำลองความคิดแบ่งออกเป็น 6 กลุ่ม ตามการจัดกลุ่มแบบจำลองความคิดของ Chi and Roscoe (2002) คือ

1. แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (Correct mental models) หมายถึง นักเรียนวาดภาพถูกต้อง และอธิบายเหตุผลถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

2. แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (Incomplete correct mental models) หมายถึง นักเรียนวาดภาพถูกต้องและอธิบายเหตุผลถูกต้อง สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ

3. แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (Complete flawed mental models) หมายถึง นักเรียนวาดภาพถูกต้อง แต่อธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หรือ

วาดภาพไม่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ

4. แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (Flawed mental models) หมายถึง นักเรียนวาดภาพไม่ถูกต้องและอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์

5. แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (Incoherent mental model) หมายถึง นักเรียนวาดภาพและอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับข้อความถาม หรือเขียนบรรยายแต่ไม่อธิบายเหตุผล

6. ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (No response) หมายถึง นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือเขียนข้อความ แต่ไม่วาดภาพ หรือวาดภาพแต่ไม่เขียนข้อความ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

แบบจำลองทางความคิดและแนวคิดที่คลาดเคลื่อน เรื่อง การแบ่งเซลล์

ในรายวิชาชีววิทยา แนวคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์ มีนักการศึกษาหลายท่าน และการศึกษา งานวิจัยต่าง ๆ ได้กล่าวถึงไว้ใกล้เคียงกัน ดังนี้

ถวัลย์ จันทะรัง (2545) ศึกษาแนวความคิดเลือกเกี่ยวกับมโนมติชีววิทยา : เซลล์ การแบ่งเซลล์ และการเคลื่อนที่ของสารผ่านเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 240 คน ในโรงเรียนที่มีความพร้อมในการสอนวิชาชีววิทยาต่างกัน ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนโดยส่วนรวมมีแนวความคิดที่ผิดพลาดมากที่สุดในมโนมติการแบ่งเซลล์ (ร้อยละ 31.25 – 35.84) และนักเรียนชาย และนักเรียนหญิงมีแนวความคิดเลือกเกี่ยวกับมโนมติชีววิทยา : เซลล์ การแบ่งเซลล์ และการเคลื่อนที่ของสารผ่านเซลล์ ไม่แตกต่างกัน

สุทธิจักร ศรีถนอมรัก (2548) ได้สำรวจแนวคิดเรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว พบว่า นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่อง การแบ่งเซลล์ ที่เกี่ยวกับความสำคัญของนิวเคลียสต่อการแบ่งเซลล์ และจำนวนเซลล์ใหม่ที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส และการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

อุษา นาคทอง, อีราพร อนันตะเศรษฐกุล, และนฤมล ยุตาคม (2550) สำรวจทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องในเรื่องเซลล์และกระบวนการของเซลล์ของนักเรียนระดับชั้น

มัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 120 คน ของโรงเรียนมัธยมศึกษา 3 แห่ง โดยครอบคลุมการวัดทักษะ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐานและขั้นผลรวม 6 ทักษะ ได้แก่ การคำนวณ การพยากรณ์ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดและควบคุมตัวแปร การทดลอง และการตีความหมายข้อมูลและการลงข้อสรุป ผลการสำรวจพบว่านักเรียนส่วนใหญ่ขาดทักษะด้านการคำนวณ การตั้งสมมติฐาน การกำหนดตัวแปรและการตีความหมายและการลงข้อสรุป ซึ่งส่งผลต่อการทำความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ และขาดความสามารถในการปฏิบัติการทดลองและการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ และยังพบว่า นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องการแบ่งเซลล์มากที่สุด คือ มากกว่าร้อยละ 50

Dikmenli (2010) ได้ศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดการแบ่งเซลล์ และแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจที่ไม่ชัดเจนเกี่ยวกับแนวคิดย่อยในแนวคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์ ดังเช่นการศึกษาแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์ของนักศึกษาครูชีววิทยา โดยวิเคราะห์จากการวาดภาพ พบว่านักเรียนมีความสับสนในระยยะของกระบวนการแบ่งเซลล์ และเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละระยยะ และจากการวัดประเมินผลโดยการใช้การวาดภาพและการสัมภาษณ์ การค้นพบแสดงว่าสิ่งสำคัญคือนักเรียนไม่สามารถกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างวัฏจักรของเซลล์และการแบ่งเซลล์ได้

จากการศึกษา แสดงให้เห็นว่ามีความคลาดเคลื่อนของแนวคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ ซึ่งเกี่ยวข้องกับแบบจำลองทางความคิด ซึ่งเป็นต้นแบบของความคิดและแนวคิด โดยเนื้อหาส่วนที่มีความคลาดเคลื่อน เช่น ความสำคัญของนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์ เซลล์ที่ได้จากการแบ่งเซลล์แต่ละแบบ ระยยะในการแบ่งเซลล์ ทำให้มีการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดและแนวคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ เพิ่มมากขึ้น

การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาแบบจำลองทางความคิดและแนวคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์

สุวรรณา คุณทัน (2550) เปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนก่อนและหลังเรียน และศึกษาความคิดเห็นของนักเรียนที่มีต่อการเรียนการสอนวิชาชีววิทยาเรื่อง การแบ่งเซลล์ โดยใช้ชุดการสอนแบบสื่อประสม ที่ประกอบด้วย เอกสารประกอบการเรียนการสอน การสอนไมโทซิสด้วยมือ โปรแกรม Power Point และสื่อภาพเคลื่อนไหว กลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 37 คน ผลการวิจัยพบว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนสูงกว่าก่อนเรียน โดยมีค่าเฉลี่ยของความก้าวหน้าคิดเป็นร้อยละ 37.84 และค่า t-test เท่ากับ 13.79 ซึ่งมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.01

จิตติมา ดมหอม (2553) ศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ต่อการพัฒนาแนวคิดและเจตคติต่อการเรียนเรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 43 คน พบว่า การใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ สามารถพัฒนาแนวคิดเรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ หลังเรียนของนักเรียนไปเป็นแนวคิดที่ถูกต้องเพิ่มมากขึ้นได้ โดยนักเรียนมีค่าร้อยละของแนวคิดที่ถูกต้องหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนในทุกแนวคิดย่อยโดยนักเรียนมีแนวคิดถูกต้องเพิ่มมากขึ้น และมีความเข้าใจเรื่องการแบ่งเซลล์ร้อยละ 100 และมีเจตคติอยู่ในระดับที่สูง

ศศิเทพ ปิติพรเทพิน (2555) ได้ส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่อง การแบ่งเซลล์ ในวิชาชีววิทยา 1 โดยการสร้างภาพเคลื่อนไหวด้วยคอมพิวเตอร์ และศึกษาปัจจัยส่งผลต่อความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 115 คน ผลการวิจัยพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้น ปัจจัยสำคัญที่มีผลต่อความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ได้แก่ เวลาที่นักเรียนใช้ในการสร้างภาพเคลื่อนไหว การลงมือปฏิบัติด้วยตนเองในห้องเรียน ความกระตือรือร้นของนักเรียนในการหาความรู้เพิ่มเติม และข้อเสนอแนะจากการอภิปรายในชั้นเรียน

Williams (2012) ได้ศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์ โดยศึกษาประสิทธิภาพของการใช้แบบจำลองแบบไดนามิก เพื่อตรวจสอบความเข้าใจวัตถุประสงค์ของการแบ่งเซลล์ ระยะในการแบ่งเซลล์ ห้องปฏิบัติการเกี่ยวกับเซลล์ กิจกรรมการสร้างแบบจำลอง และการตอบคำถาม พบว่านักเรียนที่ใช้แบบจำลองแบบไดนามิกมีคะแนนสูง

จากการศึกษา การจัดการเรียนรู้ที่พัฒนาแนวคิดและแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์ มีการใช้ชุดการสอนแบบสื่อประสม แบบจำลองแบบไดนามิกประกอบการจัดการเรียนรู้ และมีการส่งเสริมการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง โดยให้นักเรียนได้สร้างแบบจำลองไดนามิกด้วย หรือสร้างแบบจำลองที่เป็นภาพเคลื่อนไหวด้วยคอมพิวเตอร์ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนสังเกตรายละเอียดในกระบวนการแบ่งเซลล์และอธิบายกระบวนการได้ดีขึ้น

บทที่ 3

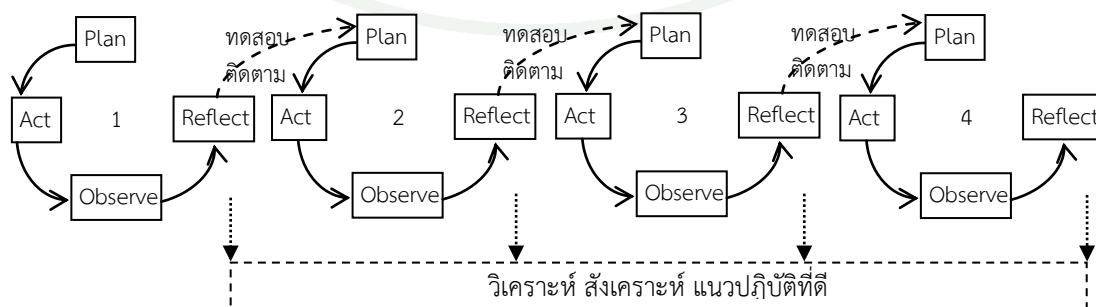
วิธีการวิจัย

รูปแบบการวิจัย

งานวิจัยฉบับนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (action research) ตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart (วาสนา ประวาลพฤษ์, 2538) โดยมีขั้นตอนการดำเนินการวิจัยเป็นวงจรต่อเนื่องกันไป 4 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นวางแผน (Plan) การสำรวจปัญหาที่ต้องการให้มีการแก้ไข และวางแผนการจัดการเรียนรู้ โดยมีการปรึกษาร่วมกันระหว่างผู้เกี่ยวข้อง การใช้แนวคิดวิเคราะห์สิ่งที่เกี่ยวข้องกับปัญหา ทำให้มองเห็นสภาพของปัญหาชัดเจนขึ้น
2. ขั้นปฏิบัติตามแผน (Act) เป็นการปฏิบัติการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้
3. ขั้นสังเกต (Observe) เป็นการใช้เทคนิควิธีต่าง ๆ ที่เหมาะสมมาช่วย ในการรวบรวม ข้อมูลเกี่ยวกับการสอน เช่น ถ่ายภาพ บันทึกVDO มีผู้ช่วยสังเกตการณ์
4. ขั้นสะท้อนการปฏิบัติ (Reflect) เป็นการนำข้อมูลที่รวบรวมได้จากขั้นตอนปฏิบัติมา วิเคราะห์เพื่อหาวิธีการในการปรับปรุงแผนที่วางไว้ให้สามารถปฏิบัติได้ อย่างมีคุณภาพยิ่งขึ้นและสรุป วิเคราะห์ในขั้นตอนสุดท้าย

วางแผนและปรับปรุง โดยดำเนินการตามขั้นตอนอย่างต่อเนื่องเป็นวงจรสรุปดังภาพที่ 3



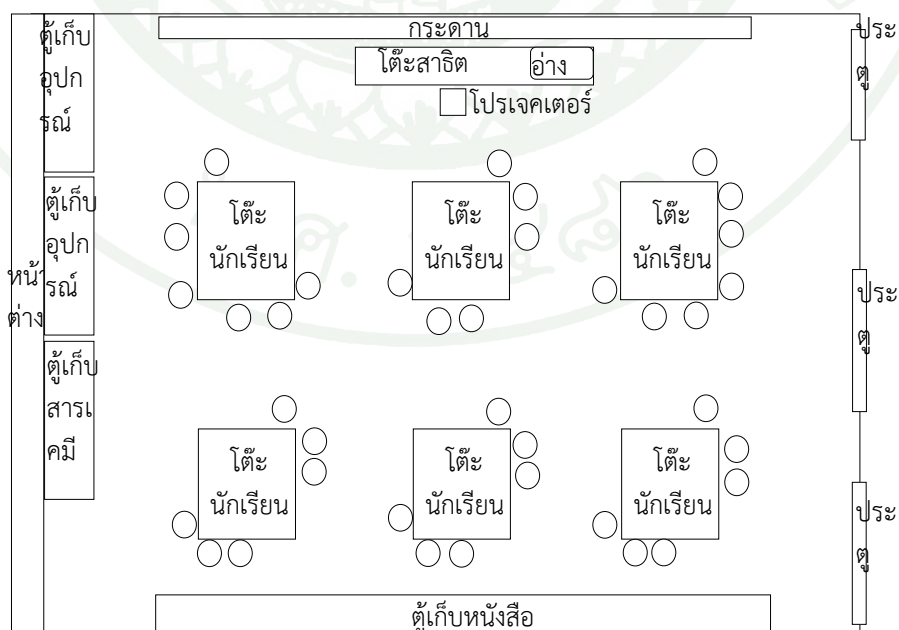
ภาพที่ 3 ขั้นตอนการดำเนินงานของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

กลุ่มที่ศึกษา

นักเรียนกลุ่มที่ศึกษาเป็นนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ห้องเรียนโปรแกรมวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ จำนวน 1 ห้องเรียน มีนักเรียนจำนวน 38 คน เป็นชาย 17 คน และหญิง 21 คน คละความสามารถทางการเรียนในระดับเก่ง ปานกลาง และอ่อน โดยพิจารณาจากเกรดเฉลี่ยวิชา วิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น ซึ่งอยู่ในระดับปานกลาง โรงเรียนของนักเรียนกลุ่มตัวอย่างเป็น โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 7 ภาคตะวันออก ซึ่งเป็นโรงเรียนที่ได้รับการประเมินคุณภาพภายนอกรอบสองระดับการศึกษาขั้น พื้นฐาน จากสำนักงานรับรองมาตรฐานและประเมินคุณภาพการศึกษา (องค์กรมหาชน) ปีการศึกษา 2554 อยู่ในระดับดี ส่วนคะแนนเฉลี่ย O-Net ปีการศึกษา 2553 วิชาวิทยาศาสตร์ เทียบกับระดับ โรงเรียน ระดับจังหวัด ระดับสังกัด ระดับประเทศ เป็น 31.06 28.39 29.29 และ 29.17 ตามลำดับ

ข้อมูลพื้นฐาน

ห้องเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้เรื่อง การแบ่งเซลล์ เป็นห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ ซึ่งมี โต๊ะสำหรับครูผู้สอน 1 ตัว สำหรับสาธิต พร้อมโต๊ะวางเครื่องโปรเจคเตอร์ และโต๊ะเรียนรูปทรง สี่เหลี่ยมผืนผ้าที่มีอ่างล้างอยู่ตรงกลาง 6 โต๊ะ จัดเป็น 2 แถว แถวละ 3 ตัว แต่ละโต๊ะมีเก้าอี้ประมาณ 6 – 7 ตัว โดยแต่ละโต๊ะมีนักเรียนนั่ง 2 กลุ่ม กลุ่มละ 3 – 4 คน นั่งคนละด้านของโต๊ะ ดังภาพที่ 4 ซึ่งอุปกรณ์วิทยาศาสตร์และสารเคมีในการทำกิจกรรมมีเพียงพอสำหรับนักเรียนแต่ละกลุ่ม



ภาพที่ 4 แผนผังห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์ที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้เรื่อง การแบ่งเซลล์

ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยดำเนินการในปีการศึกษา 2556 ระยะเวลา 12 เดือน โดยมีการเสนอโครงการวิทยานิพนธ์ เก็บรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ข้อมูล เขียนรายงานการวิจัย เขียนวิทยานิพนธ์ นำเสนองานวิจัย และสอบปากเปล่า

หน่วยการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การแบ่งเซลล์

หน่วยการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การแบ่งเซลล์ คือ เครื่องมือที่ช่วยให้นักเรียนมี แบบจำลองความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ โดยออกแบบตามกรอบแนวคิดการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน ของ Gobert and Buckley (2000) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1) การสร้างแบบจำลอง (Model formation) 2) การใช้และประเมินแบบจำลอง (Use and evaluation) 3) การปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง (Model revision) 4) การขยายแบบจำลอง (Model elaboration)

แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การแบ่งเซลล์ ใช้ระยะเวลาจำนวน 12 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที โดยจัดการเรียนรู้สัปดาห์ละ 3 คาบเรียน รวมเวลาในการจัดการเรียนรู้ทั้งสิ้น 4 สัปดาห์ และประกอบด้วย 4 เนื้อหาหลัก คือ 1) ส่วนประกอบของเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ 2) การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (mitosis) 3) การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (meiosis) 4) ความแตกต่างระหว่างไมโทซิสและไมโอซิส ใช้เวลาในการสอนทั้งสิ้น 4 แผน ตามตารางที่ 1 และมีรายละเอียดขั้นตอนของกิจกรรมการสอนตามตารางที่ 2

ตารางที่ 1 จำนวนและเวลาเรียน หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การแบ่งเซลล์

เรื่อง	จำนวนแผน	เวลาเรียน (คาบเรียน)
ส่วนประกอบของเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์	1	2
การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	1	4
การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส	1	5
ความแตกต่างระหว่างไมโทซิสและไมโอซิส	1	1
รวม	4	12

ตารางที่ 2 แผนการสอนรายหน่วย เรื่อง การแบ่งเซลล์ โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model - based learning Approach) ของ Gobert and Buckley (2000)

แผน การจัดการเรียนรู้	เวลา (คาบ)	ขั้นตอนกิจกรรมของการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model - based learning Approach)			
		การสร้างแบบจำลอง (Model formation)	การใช้และประเมินแบบจำลอง (Use and evaluation)	การปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง (Model revision)	การขยายแบบจำลอง (Model elaboration)
1 ส่วนประกอบของ เซลล์ที่เกี่ยวข้อง กับการแบ่งเซลล์	2	1. ตรวจสอบแบบจำลองความคิดพื้นฐาน เรื่อง ส่วนประกอบของเซลล์ 2. ตรวจสอบแบบจำลองความคิดเดิม เรื่อง ส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ โดยใช้ สถานการณ์ เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของทาง ลูกอ๊อด ว่าเซลล์ที่ได้จากการแบ่งจะเป็นอย่างไร และมีส่วนประกอบใดเกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ บ้าง 3. สร้างแบบจำลอง โดยให้วาดภาพ และชี้ ส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ 4. อธิบายแบบจำลอง	1. ดูภาพการเปลี่ยนแปลงของ ทางลูกอ๊อด (ภาพถ่ายจากกล้อง จุลทรรศน์อิเล็กตรอน) 2. นำแบบจำลอง (ภาพวาด) ใน ขั้นที่ 1 มาเปรียบเทียบกับภาพ จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน 3. อภิปรายเกี่ยวกับ ข้อจำกัด ของแบบจำลอง (ภาพวาด) ใน ขั้นที่ 1 4. ประเมินและหาแนวทาง ปรับปรุงแบบจำลอง (ภาพวาด) ในขั้นที่ 1	1. ศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมโดยดูภาพ โครงสร้างส่วนประกอบของเซลล์ ที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ (ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ อิเล็กตรอน) 2. ปรับปรุงแบบจำลอง (ภาพวาด) จากแนวทางปรับปรุงในขั้นที่ 2 และข้อมูลเพิ่มเติม	นำแบบจำลองไปใช้อธิบายเซลล์ชนิดอื่น คือ เซลล์รากพืช เซลล์ ผิวหนัง เซลล์มะเร็ง เซลล์เยื่อบุกระเพาะอาหาร

ตารางที่ 2 (ต่อ)

แผน การจัดการเรียนรู้	เวลา (คาบ)	ขั้นตอนกิจกรรมของการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model - based learning Approach)			
		การสร้างแบบจำลอง (Model formation)	การใช้และประเมินแบบจำลอง (Use and evaluation)	การปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง (Model revision)	การขยายแบบจำลอง (Model elaboration)
2 การแบ่งเซลล์แบบ ไมโทซิส	4	1. ตรวจสอบความรู้พื้นฐาน เรื่อง ส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ 2. ตรวจสอบแบบจำลองทางความคิดเดิม เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส โดยใช้สถานการณ์และคำถามเกี่ยวกับ การเปลี่ยนแปลงของปลายรากหอมเป็นอย่างไร ส่วนประกอบต่างๆภายในเซลล์จะเป็นอย่างไร 2. สร้างแบบจำลอง โดยวาดภาพการแบ่งเซลล์และระบุส่วนประกอบของเซลล์ที่ใช้ในการแบ่งเซลล์ 3. อธิบายแบบจำลอง	1. ทำกิจกรรม การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสของปลายรากหอม (ศึกษาจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง) 2. นำแบบจำลอง (ภาพวาด) ในชั้นที่ 1 มาเปรียบเทียบกับภาพจากกิจกรรมและใช้อธิบายภาพจากกิจกรรม 3. อภิปรายเกี่ยวกับ ข้อจำกัดของแบบจำลอง (ภาพวาด) ในชั้นที่ 1 4. ประเมินและหาแนวทางปรับปรุงแบบจำลอง (ภาพวาด) ในชั้นที่ 1	1. ศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมโดยดูภาพ คลิปวิดีโอ และภาพการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสที่มีหลายภาพต่อเนื่องกัน ซึ่งเป็นภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน 2. ปรับปรุงแบบจำลอง (ภาพวาด) จากแนวทางปรับปรุงในชั้นที่ 2 และข้อมูลเพิ่มเติม	นำแบบจำลองไปใช้อธิบายเซลล์ชนิดอื่น คือ เซลล์ผิวหนัง เมื่อมีการแบ่งเซลล์อย่าง ต่อเนื่อง และเซลล์ มะเร็งจากข่าวในชีวิตประจำวัน

ตารางที่ 2 (ต่อ)

แผน การจัดการเรียนรู้	เวลา (คาบ)	ขั้นตอนกิจกรรมของการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model - based learning Approach)			
		การสร้างแบบจำลอง (Model formation)	การใช้และประเมินแบบจำลอง (Use and evaluation)	การปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง (Model revision)	การขยายแบบจำลอง (Model elaboration)
3 การแบ่งเซลล์แบบ ไมโอซิส	5	1. ตรวจสอบความรู้พื้นฐาน เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส 2. ตรวจสอบความรู้เดิม เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส โดยใช้สถานการณ์ และคำถามเกี่ยวกับ การแบ่งเซลล์ของอับเรณูดอกกุหลาบจะเป็นอย่างไร ส่วนประกอบต่างๆภายในเซลล์จะเป็นอย่างไร 3. สร้างแบบจำลอง โดยวาดภาพการแบ่งเซลล์และระบุส่วนประกอบของเซลล์ที่ใช้ในการแบ่งเซลล์ 4. อธิบายแบบจำลอง	1. ทำกิจกรรม การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสในเซลล์ของอับเรณูดอกกุหลาบ(ศึกษาจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง) 2. นำแบบจำลอง (ภาพวาด) ในขั้นที่ 1 มาเปรียบเทียบกับภาพจากกิจกรรมและใช้อธิบายภาพจากกิจกรรม 3. อภิปรายเกี่ยวกับ ข้อจำกัดของแบบจำลอง (ภาพวาด) ในขั้นที่ 1 4. ประเมินและหาแนวทางปรับปรุงแบบจำลอง (ภาพวาด) ในขั้นที่ 1	1. ศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมโดยดูภาพ คลิปวิดีโอ และภาพการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสที่มีหลายภาพต่อเนื่องกัน ซึ่งเป็นภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน 2. ปรับปรุงแบบจำลอง (ภาพวาด) จากแนวทางปรับปรุงในขั้นที่ 2 และข้อมูลเพิ่มเติม	นำแบบจำลองไปใช้อธิบายเซลล์สืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นเมื่อมีการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส โดยทำในใบกิจกรรม

ตารางที่ 2 (ต่อ)

แผน การจัดการเรียนรู้	เวลา (คาบ)	ขั้นตอนกิจกรรมของการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน (Model - based learning Approach)			
		การสร้างแบบจำลอง (Model formation)	การใช้และประเมินแบบจำลอง (Use and evaluation)	การปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง (Model revision)	การขยายแบบจำลอง (Model elaboration)
4 ความแตกต่าง ระหว่างไมโทซิส และไมโอซิส	1	1. ตรวจสอบความรู้เดิม เกี่ยวกับ ความแตกต่าง ระหว่างไมโทซิสและไมโอซิส โดยถามจาก ความรู้ที่ได้จากแผนที่ 2 และแผนที่ 3 ว่ามี ประเด็นใดที่ต่างกัน โดยใช้สถานการณ์ เรื่องการแบ่งเซลล์บริเวณอวัยวะสืบพันธุ์ช่วงเป็น ตัวอ่อนกับช่วงวัยเจริญพันธุ์ 2. นำประเด็นความแตกต่างมาสร้างแบบจำลอง โดยวาดภาพในแต่ละประเด็น และสรุปเป็น ตารางเปรียบเทียบ	1. ดูภาพการเปลี่ยนแปลงของ เซลล์สืบพันธุ์ (ภาพถ่ายจาก กล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน) 2. อภิปรายเกี่ยวกับ ข้อจำกัด ของแบบจำลอง (ภาพวาด) ใน แต่ละประเด็น 3. ประเมินและหาแนวทาง ปรับปรุงแบบจำลอง (ภาพวาด) ในขั้นที่ 1	ปรับปรุงแบบจำลอง (ภาพวาด) จากแนวทางปรับปรุงในขั้นที่ 2	นำแบบจำลองไปใช้ อธิบายเซลล์ชนิดอื่น เกี่ยวกับชนิดการแบ่ง เซลล์ จำนวนเซลล์จาก การแบ่งเซลล์ จำนวน โครโมโซมหลังจากการ แบ่งเซลล์

ขั้นตอนในการพัฒนาและหาคุณภาพของหน่วยการจัดการเรียนรู้

1. ศึกษา วิเคราะห์หลักสูตรสถานศึกษา มาตรฐานการเรียนรู้ คำอธิบายรายวิชาชีววิทยา และหน่วยการเรียนรู้เรื่อง เซลล์ของสิ่งมีชีวิต ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้

2. กำหนดโครงสร้างรายวิชาชีววิทยา และกรอบเนื้อหาหลักทั้งหมด 4 เนื้อหา ดังนี้
1) ส่วนประกอบของเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ 2) การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส 3) การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส 4) ความแตกต่างระหว่างไมโทซิสและไมโอซิส โดยกำหนดจำนวนคาบเรียนจากหลักสูตรของ สสวท. และประสบการณ์การจัดการเรียนการสอนของผู้วิจัย

3. เขียนแผนการจัดการเรียนรู้ โดยเน้นกรอบเนื้อหาของการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ประกอบด้วย มาตรฐานการเรียนรู้ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง แนวคิดหลัก กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล สื่อและแหล่งการเรียนรู้ และใบกิจกรรม

4. ส่งโครงสร้างรายวิชา กรอบเนื้อหาหลัก และแผนการจัดการเรียนรู้ให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสมของแผนและกิจกรรมที่ใช้ในด้านเนื้อหา และภาษาที่ใช้ แล้วนำข้อเสนอแนะที่ได้จากการตรวจสอบมาแก้ไขปรับปรุงให้ถูกต้อง

5. นำแผนการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการสอนตรวจสอบ จำนวน 3 ท่าน ได้แก่ อาจารย์จากสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คือ อาจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน และ ผศ.ดร.ชาตรี ฝ้ายคำตา ส่วนครูผู้สอนในรายวิชาชีววิทยา คือ อาจารย์เพ็ชรี ประสารบุญ ครูชำนาญการพิเศษ จากโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 7 และนำข้อเสนอแนะที่ได้จากการตรวจสอบมาแก้ไขปรับปรุงให้ถูกต้อง

6. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วจากขั้นที่ 4 และ 5 ไปทดลองสอนกับนักเรียนกลุ่มเล็กที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับกลุ่มที่ศึกษา และปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ แล้วให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้อง และนำข้อเสนอแนะที่ได้จากการตรวจสอบมาแก้ไขปรับปรุงให้ถูกต้อง

7. นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วจากขั้นที่ 6 ไปทดลองใช้กับนักเรียนกลุ่มใหญ่ที่มีคุณสมบัติใกล้เคียงกับกลุ่มที่ศึกษา และเป็นห้องเรียนคู่ขนานที่มีคาบเรียนก่อนห้องที่เป็นกลุ่มที่ศึกษา

8. ปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ และให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้อง แล้วนำไปใช้กับกลุ่มที่ศึกษา

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยและการหาคุณภาพ

เครื่องมือวิจัยในงานวิจัยนี้แบ่งออกเป็น

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล ได้แก่ แบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ ซึ่งใช้วัดการเรียนรู้
2. เครื่องมือที่ใช้ศึกษาการจัดการเรียนรู้ ได้แก่
 - 2.1 บันทึกหลังสอนของครู และวิธีทัศน์การสอนของครู
 - 2.2 อนุทินของนักเรียน

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ เป็นเครื่องมือที่ตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1 คือ “นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ อย่างไร เมื่อได้รับการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน” ซึ่งมีการวัดหลังการจัดการเรียนรู้ โดยมีข้อคำถามแบบอัตนัย จำนวน 14 ข้อ ที่มีทั้งประเภทความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ ครอบคลุมเนื้อหา 6 เรื่อง ดังแสดงในตารางที่ 3

ตารางที่ 3 กรอบของเนื้อหาที่ใช้สร้างแบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์

เนื้อหา	เวลา(คาบ)	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์
1 ส่วนประกอบของเซลล์	2	-	-	-
1.1 เยื่อหุ้มเซลล์		1	-	-
1.2 เซนทริโอล		1	-	-
1.3 นิวเคลียส		1	-	-
2 ความสัมพันธ์ของ DNA โครมาตินและโครโมโซม		1	-	-
3 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	4	-	-	-
3.1 ระยะ Interphase		1	-	1
3.2 ระยะ M-phase (กระบวนการ)		1	1	-
4 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส	5	-	-	-
4.1 กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส		1	-	-
4.2 การครอสซิงโอเวอร์		1	-	1
4.3 เซลล์ดิพลอยด์ และเซลล์แฮพลอยด์		1	-	-
5 ความแตกต่างของการแบ่งเซลล์พืชและการแบ่งเซลล์สัตว์		1	-	-
6 ความแตกต่างของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส	1	1	-	-
รวม		11	1	2

ขั้นตอนการพัฒนาและการหาคุณภาพแบบวัดแบบจำลองทางความคิด

1. วิเคราะห์ ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง เรื่อง การแบ่งเซลล์ จากสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ศึกษาเอกสารและการวิจัยที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองความคิดและแนวคิดของนักเรียน เรื่อง การแบ่งเซลล์

2. สร้างกรอบของเนื้อหาที่ใช้สร้างแบบวัดแบบจำลองทางความคิด ข้อคำถาม และกรอบของคำตอบ

3. นำแบบวัดแบบจำลองทางความคิดที่สร้างขึ้น รวมทั้งกรอบของเนื้อหาที่ใช้สร้างแบบวัดแบบจำลองความคิด เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อตรวจสอบความถูกต้องของกรอบแบบวัด เนื้อหา ภาพประกอบ ความถูกต้องของภาษา ข้อคำถามและคำตอบ แล้วปรับปรุงแก้ไข

4. นำแบบวัดแบบจำลองความคิดที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญ ตรวจสอบความตรงเชิงเนื้อหา ภาพประกอบ ความถูกต้องของภาษา ข้อคำถามและคำตอบ แล้วปรับปรุงแก้ไขอีกครั้ง โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่าน ได้แก่ อาจารย์ประจำภาควิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คือ รศ.ดร.สมศักดิ์ อภิสิทธิ์วานิช และอาจารย์จากสาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ คือ อาจารย์ ดร. ศศิเทพ ปิติพรเทพิน ส่วนครูผู้สอนในรายวิชาชีววิทยา คือ อาจารย์เพ็ชรี ประสารบุญ ครูชำนาญการพิเศษ จากโรงเรียนนครนายกวิทยาคม

5. นำแบบวัดแบบจำลองความคิดไปทดลองใช้กับนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ผ่านการเรียน เรื่อง การแบ่งเซลล์ ไปแล้ว จำนวน 20 คน ซึ่งมีลักษณะคล้ายกับกลุ่มที่ศึกษา เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของภาษาที่ใช้ในการสื่อความหมายของข้อคำถาม ภาพประกอบ เวลาที่เหมาะสมในการทำแบบวัด แล้วปรับปรุงแก้ไข

6. ส่งแบบวัดแบบจำลองความคิดที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ตรวจสอบความเหมาะสมของภาษา และภาพประกอบอีกครั้ง แล้วปรับปรุงแก้ไข

7. นำแบบวัดแบบจำลองความคิดไปใช้เก็บรวบรวมข้อมูลกับกลุ่มที่ศึกษา

นอกจากนี้ผู้วิจัยยังตรวจสอบ และยืนยันแบบจำลองทางความคิดจากแหล่งข้อมูลอื่นๆ อาทิ แบบฝึกหัด อนุทิน ชิ้นงาน

เครื่องมือที่ใช้ศึกษาการจัดการเรียนรู้

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลสำหรับศึกษาการจัดการเรียนรู้ เพื่อตอบคำถามวิจัย ข้อที่ 2 ที่ถามว่า “การจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน มีการปฏิบัติที่ดีเป็นอย่างไร เพื่อช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4” ผู้วิจัยใช้ 2 เครื่องมือ คือ 1) บันทึกหลังสอนของครูและวิดิทัศน์การสอนของครู 2) อนุทินของนักเรียน

บันทึกหลังสอนและวิดิทัศน์การสอนของครู คือ เครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบการจัดการเรียนรู้ของผู้สอนที่ครอบคลุม ทั้งในด้านเนื้อหา การจัดกิจกรรม การประเมินผล ซึ่งการบันทึกจะบันทึกหลังสอน พร้อมกับการเปิดวิดิทัศน์ โดยบันทึกในประเด็นของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น รวมทั้งส่วนที่เป็นปัญหา และข้อเสนอแนะ

ขั้นตอนการพัฒนาบันทึกหลังสอนของครู

1. สร้างกรอบแนวคิดตามการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน
2. นำกรอบแนวคิดและประเด็นในการบันทึกหลังสอนเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความเหมาะสมของกรอบแนวคิดและความครอบคลุมของประเด็นในการบันทึก จากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ
3. นำบันทึกหลังสอนที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอให้ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา และด้านการสอนชีววิทยาตรวจสอบความเหมาะสมของกรอบแนวคิดและความครอบคลุมของประเด็นในการบันทึก จากนั้นนำบันทึกหลังสอนมาปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ
4. นำบันทึกหลังสอนให้อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบอีกครั้ง ก่อนนำบันทึกหลังสอนไปใช้ควบคู่กับแผนการจัดการเรียนรู้ และการเปิดวิทัศน์การสอน

อนุทินของนักเรียน คือ เครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบการจัดการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ครอบคลุม ทั้งใน ด้านเนื้อหา การจัดกิจกรรม การประเมินผล ซึ่งการบันทึกจะบันทึกหลังเรียน โดยบันทึกในประเด็น ของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น รวมทั้งส่วนที่เป็นปัญหาและข้อเสนอแนะ ซึ่งต้องสอดคล้องกับกรอบการ บันทึกของบันทึกหลังสอนของผู้สอนด้วย

การเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ดังนี้

ขั้นวางแผน (Plan)

1. ผู้วิจัยวิเคราะห์สภาพการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การแบ่งเซลล์ จากประสบการณ์ของผู้วิจัย และการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
2. สสำรวจแบบจำลองทางความคิด ของนักเรียนโดยการตรวจสอบความรู้เดิม
3. วิเคราะห์และนำผลการวิเคราะห์มาปรับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ออกแบบไว้

4. ผู้วิจัยติดต่อโรงเรียนที่ทำการวิจัย ผ่านผู้อำนวยการโรงเรียน หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ เพื่อขอความร่วมมือในการเก็บข้อมูล

ขั้นปฏิบัติตามแผน (Act)

1. ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ออกแบบไว้ และมีการบันทึกวีดิทัศน์ ระหว่างการดำเนินการสอน

2. ผู้วิจัยให้นักเรียนเขียนอนุทินหลังดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้รายสัปดาห์

ขั้นสังเกต (Observe)

1. ผู้วิจัยสังเกตจากวีดิทัศน์การสอนของตนเองพร้อมกับการเขียนบันทึกหลังสอนตามกรอบ การจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

2. ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลจากบันทึกหลังสอน และอนุทินของนักเรียน ตามกรอบการจัดการ เรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน

ขั้นสะท้อนการปฏิบัติ (Reflect)

1. ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากเก็บรวบรวมข้อมูล มาสะท้อนความคิด โดยครอบคลุมประเด็น สิ่ง ที่ได้จากการเรียนรู้ ปัญหา และแนวทางแก้ไข ตามกรอบแนวคิดการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลอง เป็นฐาน

2. ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้ไปวางแผนและปรับปรุงในแผนการจัดการเรียนรู้แผนต่อไป โดย ดำเนินการตามขั้นตอนอย่างต่อเนื่องเป็นวงจร ถึงแผนที่ 4

เมื่อสิ้นสุดการจัดการเรียนรู้ ได้มีการทดสอบหลังการจัดการเรียนรู้ โดยใช้แบบวัดแบบจำลอง ทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์

การวิเคราะห์ข้อมูล

แบบวัดแบบจำลองความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์

นำคำตอบมาจำแนกตามกลุ่มแบบจำลองความคิดเป็น 6 กลุ่ม ตามการจัดกลุ่มแบบจำลองความคิดของ Chi and Roscoe (2002) ดังแสดงในตารางที่ 4

ตารางที่ 4 การจำแนกตามกลุ่มแบบจำลองความคิดของ Chi and Roscoe (2002)

กลุ่มแบบจำลองทางความคิด	การวาดภาพ	การอธิบาย
1. แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM ; Correct mental models)	นักเรียนวาดภาพถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ครบทุกองค์ประกอบ	อธิบายเหตุผลถูกต้องสอดคล้องกับคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
2. แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM ; Incomplete correct mental models)	นักเรียนวาดภาพถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ	อธิบายเหตุผลถูกต้องสอดคล้องกับคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ
3. แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM ; Complete flawed mental models)	นักเรียนวาดภาพถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์	อธิบายเหตุผลไม่ถูกต้อง ไม่สอดคล้องกับคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
4. แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM ; Flawed mental models)	นักเรียนวาดภาพไม่ถูกต้องไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์	อธิบายเหตุผลถูกต้องสอดคล้องกับคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
5. แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM ; Incoherent mental model)	นักเรียนวาดภาพไม่สอดคล้องกับคำถาม	อธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับคำถามหรือตอบคำถามแต่ไม่อธิบายเหตุผล
6. ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR ; No response)	ไม่วาดภาพ	ไม่อธิบาย

หาค่าความถี่และร้อยละจำนวนนักเรียนของแต่ละกลุ่มแบบจำลองความคิด โดยก่อนการวิเคราะห์ข้อมูลจริงผู้วิจัยให้ให้ครูชีววิทยาจำนวน 2 คน ซึ่งมีประสบการณ์การสอนเรื่อง การแบ่งเซลล์ ตรวจสอบคำตอบอย่างเป็นอิสระร่วมกับผู้วิจัย โดยสุ่มวิเคราะห์ข้อมูลเดียวกันทุกข้อร้อยละ 25 จากจำนวนนักเรียนทั้งหมด โดยผู้วิจัยชี้แจงวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล เมื่อได้ผลการวิเคราะห์ ผู้วิจัยหาค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (inter – rater reliability) เมื่อพบความไม่สอดคล้องจะอภิปรายร่วมกันจนได้มติ และใช้ข้อค้นพบที่ได้เป็นแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลที่เหลือโดยผู้วิจัยเอง

หาค่าคะแนนเฉลี่ยและร้อยละของคะแนนเฉลี่ย โดยให้ค่าน้ำหนักคะแนนแต่ละกลุ่มแบบจำลองความคิด เพื่อให้เห็นภาพรวมได้ชัดเจนขึ้นเมื่อต้องการเปรียบเทียบระหว่างแนวคิด ดังนี้

1. แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM)	5 คะแนน
2. แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM)	4 คะแนน
3. แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM)	3 คะแนน
4. แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM)	2 คะแนน
5. แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM)	1 คะแนน
6. ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR)	ไม่มีคะแนน

เมื่อให้ค่าน้ำหนักคะแนนแต่ละกลุ่มแบบจำลองความคิดแล้ว จึงใช้สูตรในการหาคะแนนเฉลี่ยของแต่ละข้อ ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยแต่ละข้อ ค่าเฉลี่ยของคะแนนเฉลี่ยแต่ละข้อ และค่าร้อยละคะแนนเฉลี่ยแต่ละข้อ ดังนี้

1. สูตรการหาคะแนนเฉลี่ย

$$(\bar{X}) = \frac{\sum f \cdot x}{N}$$

f = ความถี่แต่ละค่าน้ำหนักคะแนน

x = ค่าน้ำหนักคะแนน (0 – 5)

2. สูตรการหาค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยแต่ละข้อ

$$\text{ค่าร้อยละของคะแนนเฉลี่ยแต่ละข้อ} = \frac{\bar{X}}{5} \times 100$$

เมื่อ 5 คือคะแนนเต็มของค่าน้ำหนักคะแนน

3. สูตรการหาค่าเฉลี่ยของคะแนนเฉลี่ยแต่ละข้อ (Grand Mean)

$$(\bar{\bar{X}}) = \frac{\sum \bar{X}_i}{6}$$

เมื่อ 6 คือจำนวนหัวข้อแบบจำลองทางความคิดทั้งหมด

4. สูตรการหาค่าร้อยละคะแนนเฉลี่ย

$$\text{ค่าร้อยละคะแนนเฉลี่ย} = \frac{\bar{X}}{5} \times 100$$

บันทึกหลังสอนของครู วิธีทัศน์การสอนของครู และ อนุทินของนักเรียน

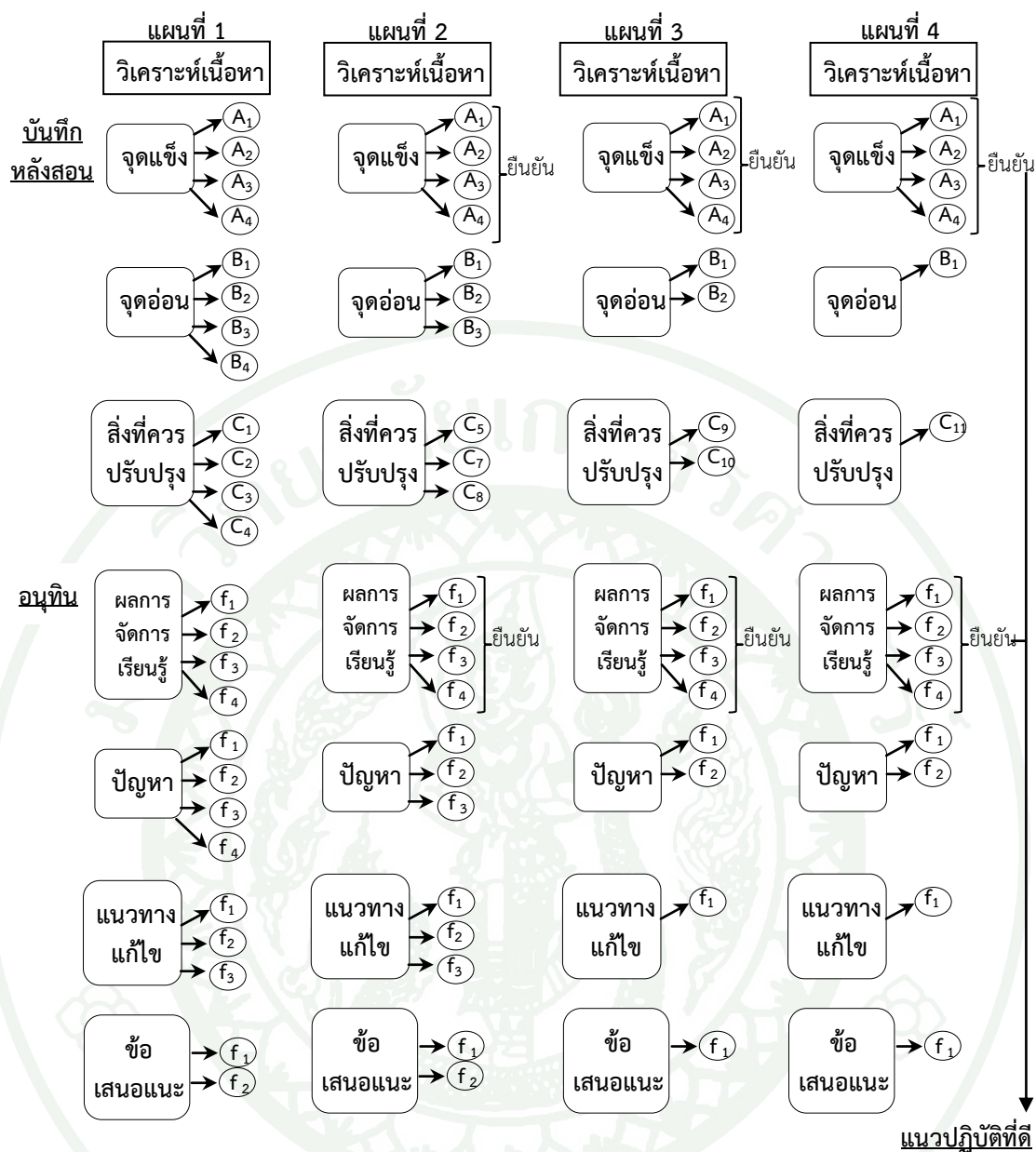
นำข้อมูลด้านพฤติกรรมของครูผู้สอน (ผู้วิจัย) และพฤติกรรมของนักเรียน รวมทั้งบทสนทนา ระหว่างครูและนักเรียน จากวิธีทัศน์การสอนของครู รวมทั้งข้อมูลได้จากการอ่านบันทึกหลังสอน และ อนุทินของนักเรียน คือ ประเด็นเกี่ยวกับ สิ่งที่ได้เรียนรู้้อย่างละเอียด ปัญหาที่พบ แนวทางแก้ไข จาก การจัดการเรียนรู้ ตามขั้นตอนดังนี้

1. นำข้อมูลที่ได้จากบันทึกหลังสอนของครูในแผนการจัดการเรียนรู้มาวิเคราะห์ตามกรอบ แนวคิดของการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน และวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน สิ่งที่ต้องปรับปรุง สร้างข้อสรุปเป็นองค์ความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติในแผนที่ 1

2. นำข้อมูลที่ได้จากอนุทินของนักเรียนแต่ละคนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 มาสะท้อน ความคิดของนักเรียนวิเคราะห์ประเด็นผลการจัดการเรียนรู้ ปัญหา แนวทางแก้ไข ข้อเสนอแนะ และ วิเคราะห์แบบอุปนัยโดยจัดกลุ่มข้อมูลเป็นความถี่ของข้อมูลในแต่ละประเด็น

3. นำองค์ความรู้จากบันทึกหลังสอน และอนุทินของนักเรียนมาสรุปจุดแข็งที่จะนำไปปฏิบัติ ในแผนที่ 2 เพื่อยืนยันแนวทางปฏิบัติ และทำให้จุดอ่อนแต่ละประเด็นลดน้อยลงในแผนที่ 2

4. เมื่อดำเนินการจัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไป วิเคราะห์ข้อมูลจากบันทึกหลัง สอนและอนุทินของนักเรียน โดยวิเคราะห์แบบอุปนัย สรุปจุดแข็งที่จะนำไปปฏิบัติในแผนต่อไป เพื่อยืนยันแนวทางปฏิบัติ และทำให้จุดอ่อนแต่ละประเด็นลดน้อยลงในแผนต่อไป ซึ่งปฏิบัติต่อเนื่องไป เป็นวงจร สรุปดังแผนภาพที่ 5



ภาพที่ 5 ขั้นตอนการวิเคราะห์เนื้อหาและการวิเคราะห์แบบอุปนัยจากแผนที่ 1 – แผนที่ 4

การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์ ทั้ง 2 ข้อ คือ 1) เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 2) เพื่อศึกษาการปฏิบัติการสอนที่ดีในการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยสรุปได้ดังตารางที่ 4

ตารางที่ 5 ตารางสรุปการเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูลแยกตามวัตถุประสงค์การวิจัย

วัตถุประสงค์	เครื่องมือ	การเก็บรวบรวมข้อมูล	การวิเคราะห์ข้อมูล
1. เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	แบบวัดแบบจำลองทางความคิด	ให้นักเรียนทำแบบวัดแบบจำลองความคิดหลังจากจัดกิจกรรมการเรียนรู้	- จัดกลุ่มคำตอบและใช้วิธีหาค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (inter – rater reliability coefficient) - นับค่าร้อยละจำนวนนักเรียนแต่ละกลุ่มคำตอบ
2. เพื่อศึกษาการปฏิบัติการสอนที่ดีในการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	- แผนการจัดการเรียนรู้ - บันทึกหลังสอนของครู - อนุทินของนักเรียน	- ครูผู้สอนเขียนบันทึกหลังสอน - นักเรียนเขียนอนุทินทุกสัปดาห์	- จำแนกสิ่งที่ได้เรียนรู้ - ปัญหาที่พบ - แนวทางแก้ไข (ตามกรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้) - วิเคราะห์แบบอุปนัย

จริยธรรมการวิจัย

สำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.) ตระหนักถึงความสำคัญของจริยธรรมต่อการวิจัยในคน จึงได้ศึกษาวิธีดำเนินงานเพื่อจัดทำมาตรฐานการวิจัยในคน ให้มีการพัฒนาคุณภาพงานวิจัยในมนุษย์ให้ได้ผลสูงสุด สามารถทำงานได้อย่างมีประสิทธิภาพ ได้ผลการวิจัยที่น่าเชื่อถือ ทำให้เกิดความเชื่อมั่นในการปกป้องผู้เข้าร่วมการวิจัย (สำนักคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ, 2556)

ดังนั้นการวิจัยครั้งนี้จึงมีการดำเนินการโดยปฏิบัติตามจริยธรรมการวิจัย ดังนี้

1. มีการทำหนังสือขออนุญาตเก็บข้อมูล ถึงผู้อำนวยการโรงเรียนที่ทำการวิจัย และมีการชี้แจงรายละเอียดของการวิจัย ซึ่งประกอบไปด้วยจุดประสงค์ของการวิจัย กลุ่มตัวอย่างที่ศึกษา เรื่องที่จะทำการวิจัย ระยะเวลาในการดำเนินการวิจัย
2. มีการใช้นามสมมติของชื่อโรงเรียน นักเรียน และภาพประกอบการวิจัยไม่มีการเปิดเผยใบหน้าของนักเรียน เพื่อไม่ให้ส่งผลกระทบต่อชื่อเสียงของสถานศึกษาและนักเรียน ตามหลักที่ไม่ก่อให้เกิดอันตรายต่อบุคคล
3. มีการชี้แจงกับนักเรียนว่าเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการวิจัย และให้นักเรียนเข้าร่วมการวิจัยด้วยความสมัครใจ ตามหลักความเคารพในการตัดสินใจของแต่ละบุคคล
4. ไม่มีการนำผลการวิจัยที่เป็นคะแนนไปตัดสินตามระบบของผลสัมฤทธิ์ทางการศึกษาของโรงเรียน เพื่อไม่ให้นักเรียนเกิดภาวะเครียดในการเข้าร่วมการวิจัย ตามหลักความยุติธรรมในการวิจัย

บทที่ 4

ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์

ผลการวิจัย

1. ผลของการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อแบบจำลองทางความคิด

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการวัดแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 38 คน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ต้องสมบูรณ์ ร้อยละ 37.30 รองลงมาคือแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ร้อยละ 28.95 มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง ร้อยละ 17.66 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง ร้อยละ 10.55 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง ร้อยละ 3.83 และไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด ร้อยละ 1.31 และจากการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ยร้อยละพบว่า เรื่องความแตกต่างของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละสูงสุดคือ ร้อยละ 85.0 รองลงมาคือ เรื่องความแตกต่างของการแบ่งเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ ร้อยละ 83.2 เรื่องส่วนประกอบของเซลล์ ร้อยละ 79.6 เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ร้อยละ 75.3 เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ร้อยละ 73.2 ตามลำดับ ส่วนเรื่องที่มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละต่ำที่สุด ร้อยละ 67.4 คือ เรื่องความสัมพันธ์ของ DNA โครมาตินและโครโมโซม ซึ่งภาพรวมของแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละรวมทุกเรื่องเป็นร้อยละ 77.2 ดังตารางที่ 5 และแผนภาพที่ 6

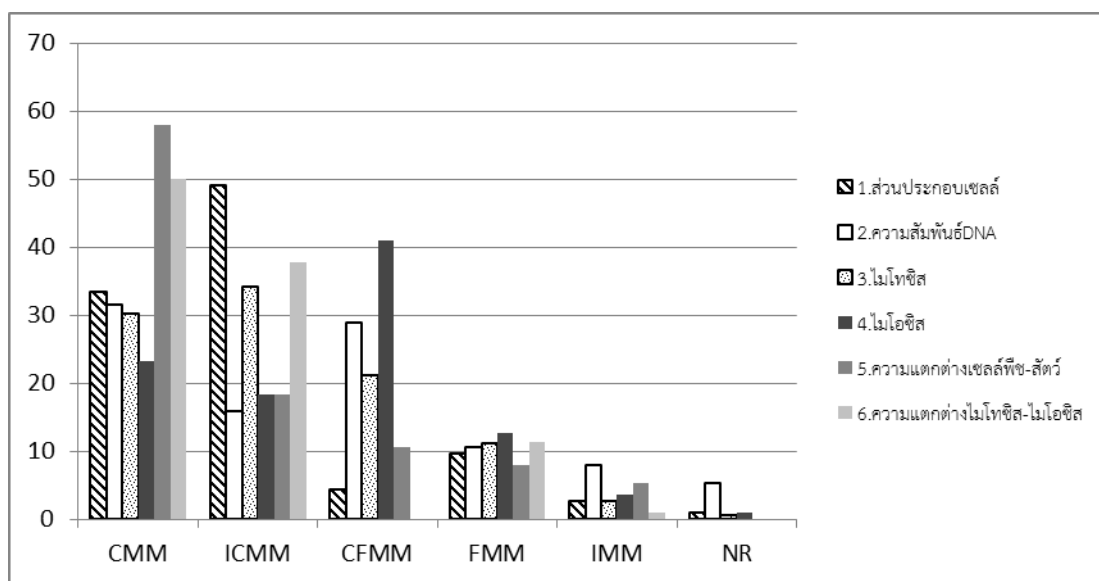
ตารางที่ 6 ความถี่ของจำนวนนักเรียน (ร้อยละ) ตามการจัดกลุ่มแบบจำลองทางความคิดแต่ละกลุ่มในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การแบ่งเซลล์ หลังเรียน

แบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์ (ข้อที่)	ความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียน						คะแนน	
	CMM	ICMM	CFMM	FMM	IMM	NR	เฉลี่ย($\bar{X}$)	ร้อยละ
1. ส่วนประกอบของเซลล์	(33.33)	(49.12)	(4.39)	(9.65)	(2.63)	(0.88)	3.98	79.6
1.1 เยื่อหุ้มเซลล์(1)	11 (28.95)	17 (44.74)	4 (10.53)	4 (10.53)	2 (5.26)	0 (0.00)	3.82	76.4
1.2 เซนทริโอล (2)	22 (57.89)	14 (36.84)	0 (0.00)	1 (2.63)	0 (0.00)	1 (2.63)	4.42	88.4
1.3 นิวเคลียส(3)	5 (13.16)	25 (65.79)	1 (2.63)	6 (15.79)	1 (2.63)	0 (0.00)	3.71	74.2

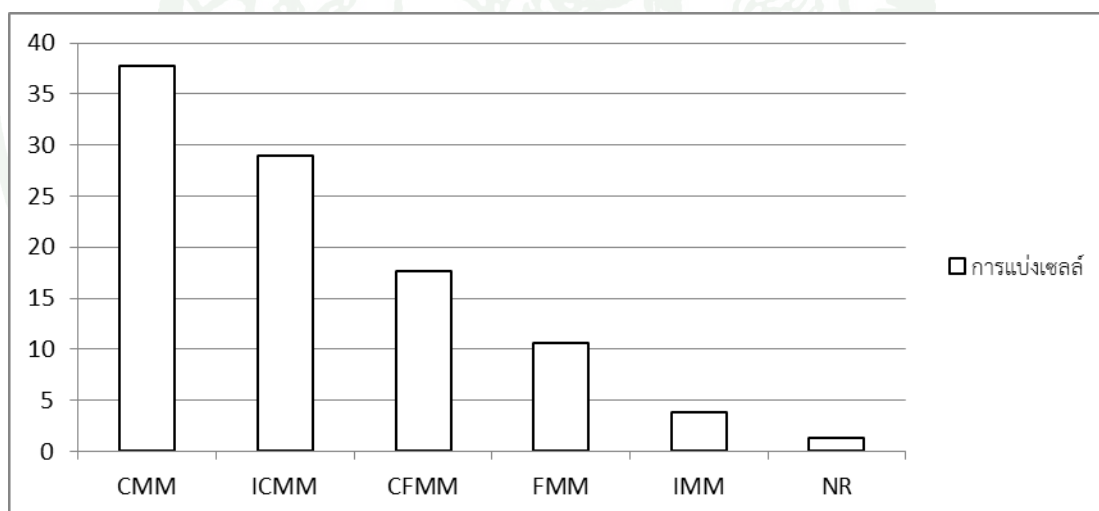
ตารางที่ 6 (ต่อ)

แบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์ (ข้อที่)	ความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียน						คะแนน	
	CMM	ICMM	CFMM	FMM	IMM	NR	เฉลี่ย($\bar{X}$)	ร้อยละ
2. ความสัมพันธ์ของ DNA โครมาทินและโครโมโซม(4)	12 (31.58)	6 (15.79)	11 (28.95)	4 (10.53)	3 (7.89)	2 (5.26)	3.37	67.4
3. การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	(30.26)	(34.21)	(21.05)	(11.18)	(2.63)	(0.66)	3.76	75.3
3.1 ระยะ Interphase(5.1)	18 (47.37)	11 (28.95)	0 (0.00)	8 (21.05)	1 (2.63)	0 (0.00)	3.97	79.4
3.1 ระยะ Interphase(5.2)	4 (10.53)	27 (71.05)	2 (5.26)	1 (2.63)	3 (7.89)	1 (2.63)	3.66	73.2
3.1 ระยะ Interphase(6)	5 (13.16)	13 (34.21)	13 (34.21)	7 (18.42)	0 (0.00)	0 (0.00)	3.42	68.4
3.2 ระยะ M-phase (กระบวนการ) (7.3)	19 (50.00)	1 (2.63)	17 (44.74)	1 (2.63)	0 (0.00)	0 (0.00)	4.00	80.0
4. การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส	(23.16)	(18.42)	(41.05)	(12.63)	(3.68)	(1.05)	3.66	73.2
4.1 กระบวนการแบ่งเซลล์ (7.3)	7 (18.42)	3 (7.89)	24 (63.16)	2 (5.26)	2 (5.26)	0 (0.00)	3.34	66.8
(8)	16 (42.11)	12 (31.58)	5 (13.16)	4 (10.53)	0 (0.00)	1 (2.63)	3.97	79.4
5. ความแตกต่างของการแบ่ง เซลล์พืชและเซลล์สัตว์(12)	22 (57.89)	7 (18.42)	4 (10.53)	3 (7.89)	2 (5.26)	0 (0.00)	4.16	83.2
6. ความแตกต่างของการ แบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและ ไมโอซิส	(50.00)	(37.72)	(0.00)	(11.40)	(0.88)	(0.00)	4.25	85.0
(7.1)	38 (100.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	0 (0.00)	5.00	100.0
(7.2)	18 (47.37)	17 (44.74)	0 (0.00)	3 (7.89)	0 (0.00)	0 (0.00)	4.32	86.4
(7.4)	1 (2.63)	26 (68.42)	0 (0.00)	10 (26.32)	1 (2.63)	0 (0.00)	3.42	68.4
รวม	(37.70)	(28.95)	(17.66)	(10.55)	(3.83)	(1.31)	3.86($\bar{X}$)	77.2

หมายเหตุ : CMM หมายถึง มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง สมบูรณ์, ICMM หมายถึง มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์, CFMM หมายถึง มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง, FMM หมายถึง มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง, IMM หมายถึง มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง, NR หมายถึง ไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด, ตัวเลขในวงเล็บหมายถึงหมายเลขข้อในแบบวัดแบบจำลองทางความคิด



ภาพที่ 6 แผนภูมิแท่งความถี่และร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบบจำลองทางความคิดกลุ่มต่าง ๆ ในแต่ละหัวข้อของหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การแบ่งเซลล์ หลังเรียน



ภาพที่ 7 แผนภูมิแท่งสรุปความถี่และร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แบบจำลองทางความคิดกลุ่มต่าง ๆ ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การแบ่งเซลล์ หลังเรียน

ผู้วิจัยขอนำเสนอรายละเอียดแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในเรื่อง ส่วนประกอบของเซลล์ ความสัมพันธ์ของ DNA โครมาติน และโครโมโซม การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสความแตกต่างของการแบ่งเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ และความแตกต่างของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส ตามลำดับ ดังนี้

1.1 ส่วนประกอบของเซลล์

ตารางที่ 7 แบบจำลองทางความคิดของนักเรียน เรื่อง ส่วนประกอบของเซลล์

กลุ่ม แบบจำลอง ทางความคิด	เยื่อหุ้มเซลล์		เซนทริโอล		นิวเคลียส	
	กลุ่มคำตอบ	ร้อยละ	กลุ่มคำตอบ	ร้อยละ	กลุ่มคำตอบ	ร้อยละ
ถูกต้อง สมบูรณ์ (CMM)	- เกี่ยว เมื่อเซลล์ สัตว์มีการแบ่ง นิวเคลียสเสร็จจะ มีการแบ่งไซ โทพลาส ซึมโดย การคอดเว้าของ เซลล์ - เกี่ยว เยื่อหุ้ม เซลล์สัตว์คอดเว้า มีการแบ่งเซลล์	28.95	- เส้นใยสปิน เดิลคือเส้นใยที่ สร้างจากเซนท ริโอลในเซลล์ สัตว์และสร้าง จากไมโครทูบูล ในเซลล์พืชทำ หน้าที่จับและ ดึงโครโมโซม	57.89	- เยื่อหุ้มนิวเคลียสเป็น เยื่อบางๆ นิวคลีโอลัสมี ลักษณะกลม โครโมโซม มีลักษณะเป็นแท่งคล้าย ปาท่องเที่ยว	13.16
ถูกต้องแต่ ไม่สมบูรณ์ (ICMM)	- เกี่ยว เยื่อหุ้ม เซลล์จะมีการ คอดเว้าเมื่อแบ่ง เซลล์ - เกี่ยว เยื่อหุ้ม เซลล์จะมีการคอด เว้าเมื่อแบ่งไซ โทพลาสซึม	44.74	- spindle fiber ทำหน้าที่ ดึงโครโมโซมให้ แยกออกจาก กัน	36.84	- นิวคลีโอลัสมีลักษณะ กลม โครโมโซมลักษณะ เป็นแท่งคล้ายปาท่องเที่ยว (ร้อยละ 29.17) - โครมาตินมีลักษณะ เป็นเส้น นิวคลีโอลัส กลม เยื่อหุ้มนิวเคลียส คล้ายเยื่อหุ้มเซลล์ โครโมโซมเป็นแท่ง (ร้อย ละ 58.33) - นิวคลีโอลัสกลม เยื่อ หุ้มนิวเคลียสเป็นเยื่อ ห่อหุ้มนิวเคลียส (ร้อย ละ 12.5)	65.79
สมบูรณ์แต่ ไม่ถูกต้อง (CFMM)	- เกี่ยว เพื่อสร้าง เซลล์เพลาตอน การแบ่งเซลล์ สัตว์	10.53	—	0.00	- โครโมโซมมีลักษณะ เหมือนปาท่องเที่ยว เยื่อ หุ้มนิวเคลียสปกคลุมอยู่ รอบเซลล์ นิวคลี โอลัส ลักษณะกลมๆ	2.63

ตารางที่ 7 (ต่อ)

กลุ่ม แบบจำลอง ทางความคิด	เยื่อหุ้มเซลล์		เซนทริโอล		นิวเคลียส	
	กลุ่มคำตอบ	ร้อยละ	กลุ่มคำตอบ	ร้อยละ	กลุ่มคำตอบ	ร้อยละ
ไม่ถูกต้อง (FMM)	- เกี่ยว เยื่อหุ้ม เซลล์ต้องสลายไป ก่อนจึงจะ แบ่ง เซลล์ได้	10.53	- ถ้าไม่มี จะ แบ่งไม่ได้	2.63	- นิวคลีโอลส์มีลักษณะ เป็นเส้นๆ	15.79
ไม่เชื่อมโยง (IMM)	- เกี่ยว ช่วยใน การแบ่งเซลล์	5.26	—	0.00	- นิวเคลียสมี DNA จำลองเป็นโครมาทิน และเป็นโครโมโซม	2.63
ไม่แสดง (NR)	ไม่ตอบคำถาม	0.00	ไม่ตอบคำถาม	2.63	—	0.00

เมื่อให้นักเรียนอธิบายเกี่ยวกับความสัมพันธ์ของส่วนประกอบของเซลล์กับการแบ่งเซลล์พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง สมบูรณ์ร้อยละ 33.33 และเมื่อวิเคราะห์เนื้อหาเรื่อง เยื่อหุ้มเซลล์ พบว่า นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ร้อยละ 44.74 ซึ่งมีจำนวนมากกว่า นักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์ซึ่งมีร้อยละ 28.95 เนื่องจากนักเรียนส่วนใหญ่ไม่ได้ระบุว่า เกี่ยวข้องกับเซลล์สัตว์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

“เกี่ยวข้อง เพราะเมื่อเซลล์จะแบ่งเป็น 2 เซลล์ เยื่อหุ้มเซลล์จะเกิดการคอดเข้า และแยกออกจากกัน”

(นักเรียน 21 แบบวัดวันที่ 25 กันยายน 2556)

สำหรับเส้นใยสปินเดิล นักเรียนส่วนใหญ่ มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์ร้อยละ 57.89 โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้ว่า สร้างจากเซนทริโอล ทำหน้าที่แยกโครโมโซมขณะแบ่งเซลล์ แต่นักเรียน ร้อยละ 36.84 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เนื่องจากไม่ได้ระบุว่าเซนทริโอลพบเฉพาะในเซลล์สัตว์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

“เกี่ยว เพราะเป็นเส้นใยที่ดึงโครโมโซมให้แยกจากกัน”

(นักเรียน 5 แบบวัดวันที่ 25 กันยายน 2556)

และเนื้อหาเรื่องนิวเคลียส นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ร้อยละ 65.79 โดยนักเรียนไม่ได้ระบุว่าส่วนประกอบในนิวเคลียสนั้นมีลักษณะอย่างไร แต่ระบุไม่ครบทุกส่วนประกอบ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

“นิวคลีโอลัส มีลักษณะกลมๆดำๆ โครโมโซม มีลักษณะคล้ายปาต่องโก๋ โครมาติน มีลักษณะเป็นเส้น DNA มีลักษณะเป็นเส้น”

(นักเรียน 2 แบบวัดวันที่ 25 กันยายน 2556)

1.2 ความสัมพันธ์ของ DNA โครมาตินและโครโมโซม

ตารางที่ 8 แบบจำลองทางความคิดของนักเรียน เรื่อง ความสัมพันธ์ของ DNA โครมาตินและโครโมโซม

กลุ่มแบบจำลองทางความคิด	กลุ่มคำตอบ	ร้อยละจำนวนของนักเรียน
ถูกต้อง สมบูรณ์ (CMM)	- DNA คือสารพันธุกรรม เมื่อ DNA รวมกับโปรตีนจะเป็นโครมาติน และเมื่อโครมาตินหดตัวหนาจะเป็นโครโมโซม	31.58
ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM)	- DNA รวมกันเป็นโครมาติน โครมาตินรวมหดตัวกันเป็นโครโมโซม - โครโมโซม คือโครมาตินที่หดเป็นแท่ง	15.79
สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM)	- DNA พันรวมกับก้อนโปรตีนกลายเป็นโครโมโซม และหดสั้นลงกลายเป็นโครโมโซม (ร้อยละ 27.27) - DNA อยู่ในโครมาติน โครมาตินอยู่ในโครโมโซม (ร้อยละ 18.18) - DNA เป็นสารพันธุกรรม DNA + โปรตีน คือ โครมาติน โครมาติน 2 เส้นเป็น โครโมโซม (ร้อยละ 18.18) - โครมาติน คือ DNA ที่พันกัน โครโมโซมมี 2 โครมาทิด (ร้อยละ 18.18) - โครมาตินคือสาย DNA โครโมโซม คือ โครมาตินที่หดตัวแน่นกับโปรตีนจนเป็นโครโมโซม (ร้อยละ 18.18)	28.95
ไม่ถูกต้อง (FMM)	- เป็นสิ่งเดียวกัน แต่อยู่คนละที่ - เป็นสิ่งเดียวกันที่รวมกับโปรตีน	10.53
ไม่เชื่อมโยง (IMM)	- ระบุลักษณะพันธุกรรม	7.89
ไม่แสดง(NR)	ไม่ตอบคำถาม	5.26

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์ร้อยละ 31.58 และมีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องร้อยละ 28.95 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์ร้อยละ 31.58 มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องร้อยละ 28.95 โดยนักเรียนกลุ่มนี้ตอบครบทุกองค์ประกอบแต่กล่าวว่าโครมาตินหดสั้นกลายเป็นโครโมโซม ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

“DNA จะไปจับกับก้อน โปรตีน กลายเป็นเส้นโครมาติน และเส้นโครมาติน จะหดตัวสั้นลง กลายเป็นโครโมโซม”

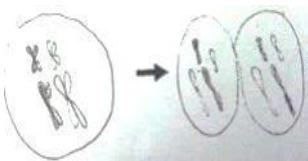
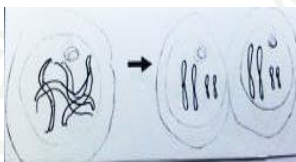
(นักเรียน 33 แบบวัดวันที่ 25 กันยายน 2556)

และมีบางส่วนอธิบายว่าโครมาติน 2 เส้นรวมเป็นโครโมโซม 1 แท่ง หรืออธิบายว่าโครมาตินเป็นโครมาทิด ส่วนนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ร้อยละ 15.79 นั้น ไม่ได้กล่าวถึง DNA ขดตัวพันรอบโปรตีนฮิสโตน แต่กล่าวเพียงว่า สาย DNA ขดตัวแน่นขึ้นกลายเป็นโครโมโซม

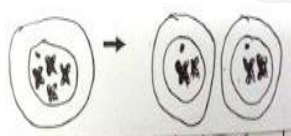
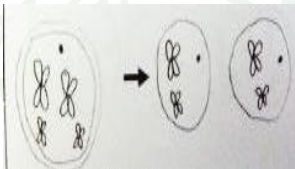
1.3 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

ตารางที่ 9 แบบจำลองทางความคิดของนักเรียน เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

กลุ่ม แบบจำลอง ทางความคิด	ระยะ Interphase		ลักษณะโครโมโซมภายในเซลล์ที่ได้ จากการแบ่งเซลล์		ระยะ M-phase	
	กลุ่มคำตอบ	ร้อยละ	กลุ่มคำตอบ	ร้อยละ	กลุ่มคำตอบ	ร้อยละ
ถูกต้อง สมบูรณ์ (CMM)	- ไม่ทุกเซลล์ เพราะบางเซลล์ หยุดการพัฒนา ตั้งแต่เด็ก เช่น สมอง หัวใจ	47.37	- เท่ากัน เพราะโครโมโซมมี การจำลองตัวเองขึ้นมา	13.16	- อธิบาย เหตุการณ์ สำคัญครบทุก ระยะ และวาด ภาพถูกต้อง	50.00
ถูกต้องแต่ ไม่สมบูรณ์ (ICMM)	- ไม่ จะมีการ แบ่ง อย่าง ต่อเนื่องเพียง บางเซลล์	28.95	- เท่ากัน เพราะเป็นเซลล์ ร่างกาย	34.21	- อธิบาย เหตุการณ์และ วาดภาพถูกต้อง แต่ไม่ครบ	2.63



ตารางที่ 9 (ต่อ)

กลุ่ม แบบจำลอง ทางความคิด	ระยะ Interphase		ลักษณะโครโมโซมภายในเซลล์ที่ได้ จากการแบ่งเซลล์		ระยะ M-phase	
	กลุ่มคำตอบ	ร้อยละ	กลุ่มคำตอบ	ร้อยละ	กลุ่มคำตอบ	ร้อยละ
สมบูรณ์แต่ ไม่ถูกต้อง (CFMM)	—	0.00	- เท่ากันเพราะมีการจำลอง โครโมโซม 	34.21	- อธิบาย เหตุการณ์และ วาดภาพทุก ระยะ แต่ไม่ ถูกต้อง	44.74
ไม่ถูกต้อง (FMM)	- ทุกเซลล์ต้องมีการเจริญเติบโต เช่น เซลล์ ผิวหนัง	21.05	- เท่ากับโครโมโซมเริ่มแรก เพราะเป็น crossing over 	18.42	- อธิบาย เหตุการณ์และ วาดภาพไม่ครบ และไม่ถูกต้อง	2.63
ไม่เชื่อมโยง (IMM)	- ไม่มี	2.63	—	0.00	—	0.00
ไม่แสดง(NR)	—	0.00	—	0.00	—	0.00

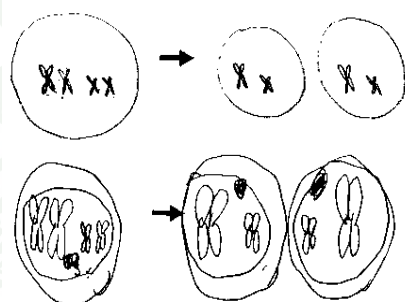
จากการวิเคราะห์ภาพรวมในระยะinterphaseและระยะ M-phase พบว่า นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง สมบูรณ์ร้อยละ 30.26 มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ร้อยละ 34.21 ซึ่งเนื้อหาในส่วนระยะอินเตอร์เฟส นักเรียนร้อยละ 47.37 มีแบบจำลองทางความคิดสมบูรณ์ถูกต้อง โดยสามารถระบุได้ว่าเซลล์ร่างกายทุกชนิดไม่สามารถแบ่งเซลล์อย่างต่อเนื่องเป็นวัฏจักรได้ และมีการยกตัวอย่างเซลล์ถูกต้อง เช่น เซลล์สมอง เซลล์หัวใจ เป็นต้น ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

“ไม่ เพราะมีบางเซลล์เท่านั้นที่มีการแบ่งเซลล์ไปอย่างต่อเนื่อง เช่น เซลล์เส้นผม เซลล์เล็บ เป็นต้น และบางเซลล์ที่ไม่ต่อเนื่อง เช่น เซลล์สมอง เซลล์ตา เป็นต้น”

(นักเรียน 36 แบบวัดวันที่ 25 กันยายน 2556)

ส่วนนักเรียนร้อยละ 28.95 มีแบบจำลองทางความคิดถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์โดยไม่ได้กล่าวถึงเหตุผลว่า เนื่องจากเซลล์บางชนิดหยุดแบ่งเซลล์ตั้งแต่ช่วงเริ่มต้นของชีวิต ส่วนนักเรียนร้อยละ 21.05 มีแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้อง โดยกล่าวว่า เซลล์ร่างกายทุกเซลล์แบ่งเซลล์ต่อเนื่องเป็นวัฏจักรได้ และมีการยกตัวอย่างเซลล์ที่นักเรียนสังเกตเห็นได้ เช่น เซลล์ตา เซลล์ผม เป็นต้น และเรื่อง การ

เตรียมการก่อนการแบ่งเซลล์ นักเรียนร้อยละ 71.05 มีแบบจำลองทางความคิดถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ โดยมีการระบุว่าการจำลองโครโมโซมก่อนการแบ่งเซลล์ แต่ไม่ได้ระบุถึงการสังเคราะห์สารสำหรับการแบ่งเซลล์ สำหรับการให้นักเรียนอธิบายและวาดภาพเกี่ยวกับเซลล์เริ่มแรกก่อนและหลังการแบ่งเซลล์ พบว่า นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ เท่ากับแบบจำลองทางความคิดสมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง เป็นร้อยละ 34.21 โดยนักเรียนที่วาดภาพและอธิบายถูกต้องไม่ได้กล่าวถึงการสังเคราะห์ DNA ขึ้นอีก 1 ชุดที่ทำให้เซลล์ที่แบ่งได้มีจำนวนโครโมโซมเท่ากัน และนักเรียนอีกส่วนอธิบายถูกต้องแต่วาดภาพไม่ถูกต้องโดยแบ่งแล้วจำนวนโครโมโซมลดลง ดังภาพที่ 7



ภาพที่ 8 ตัวอย่างภาพวาดจำนวนโครโมโซมของนักเรียน ที่มีจำนวนโครโมโซมลดลง

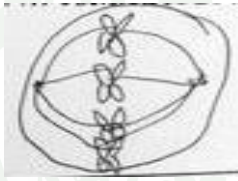
ในส่วนของการให้เขียนกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส M-phase ซึ่งมีการให้เขียนชื่อระยะ วาดภาพ และอธิบายเหตุการณ์สำคัญในแต่ละระยะ พบว่าไม่มีนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดไม่เชื่อมโยงและไม่แสดงแบบจำลอง ส่วนนักเรียนที่มีแบบจำลองทางความคิดไม่ถูกต้องและถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์มีเพียงร้อยละ 2.63 ส่วนนักเรียนส่วนมากร้อยละ 50 มีแบบจำลองทางความคิดสมบูรณ์ถูกต้อง และนักเรียนร้อยละ 44.74 มีแบบจำลองทางความคิดสมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องซึ่งนักเรียนบางส่วนสับสนเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซม ดังภาพที่ 8 สอดคล้องกับ ศศิเทพ ปิติพรเทพิน (2555) โดยในระยะ anaphase นักเรียนเขียนเป็น $2n$ ซึ่งกรอบแบบจำลองทางความคิดคือ $4n$ รวมทั้งมีแบบจำลองทางความคิดบางส่วนที่มีความคลาดเคลื่อนในส่วนของรูปร่างของโครโมโซมเมื่ออยู่ในระยะ anaphase คือ มีทั้งการวาดโครโมโซมแบบตั้งตรง ดังภาพที่ 8 ซึ่งไม่มีการวาดเป็นลักษณะตัว j หรือ ตัว v



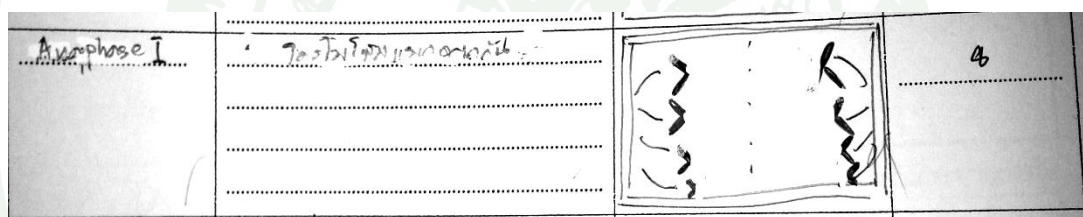
ภาพที่ 9 ตัวอย่างภาพวาดจำนวนโครโมโซมของนักเรียน ที่ไม่สอดคล้องกับจำนวนโครโมโซม

1.4 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

ตารางที่ 10 แบบจำลองทางความคิดของนักเรียน เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

กลุ่มแบบจำลองทางความคิด	กระบวนการแบ่งเซลล์		การศึกษาโครโมโซมที่ชัดเจน	
	กลุ่มคำตอบ	ร้อยละ	กลุ่มคำตอบ	ร้อยละ
ถูกต้อง สมบูรณ์ (CMM)	- อธิบายเหตุการณ์สำคัญครบทุกระยะ และวาดภาพถูกต้อง	18.42	- Metaphase เพราะโครโมโซมขดตัวได้สั้นที่สุดและเรียงอยู่ตรงกลาง	42.11
				
ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM)	- อธิบายเหตุการณ์และวาดภาพถูกต้อง แต่ไม่ครบ	7.89	- Metaphase เพราะโครโมโซมมาเรียงกันตรงกลาง	31.58
				
สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM)	- อธิบายเหตุการณ์และวาดภาพทุกระยะ แต่ไม่ถูกต้อง	63.16	- Metaphase เพราะโครโมโซมเรียงอยู่กลางเซลล์	13.16
				
ไม่ถูกต้อง (FMM)	- อธิบายเหตุการณ์และวาดภาพไม่ครบและไม่ถูกต้อง	5.26	- Anaphase เพราะเกิดจากการแยกตัวของโครโมโซม	10.53
				
ไม่เชื่อมโยง (IMM)	- อธิบายเหตุการณ์และวาดภาพ mitosis	5.26	—	0.00
ไม่แสดง (NR)	—	0.00	ไม่ตอบคำถาม	2.63

มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องร้อยละ 41.05 ซึ่งเนื้อหาส่วนที่นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องจำนวนมากคือเรื่อง กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส การครอสซิงโอเวอร์ และเซลล์ดิพลอยด์และแฮพลอยด์ โดยคิดเป็นร้อยละ 63.16 36.84 และ 55.26 ตามลำดับในส่วนของการให้เขียนกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ซึ่งมีการให้เขียนชื่อระยะ วาดภาพ และอธิบายเหตุการณ์สำคัญในแต่ละระยะ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดสมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง ร้อยละ 63.16 โดยนักเรียนส่วนใหญ่อธิบายเหตุการณ์แต่ละระยะได้ถูกต้อง แต่บางส่วนเรียงลำดับระยะไม่ถูกต้อง หรือมีความสับสนกับจำนวนโครโมโซม และบางส่วนสับสนในระยะ anaphase I โดยวาดภาพโครโมโซมแต่ละโครโมโซมมีการแยกโครมาทิดออกจากกัน เช่นเดียวกับการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ดังภาพที่ 9 รวมทั้งมีแบบจำลองทางความคิดบางส่วนที่มีความคลาดเคลื่อนในส่วนของรูปร่างของโครโมโซมเมื่ออยู่ในระยะ anaphase คือ มีทั้งการวาดโครโมโซมแบบตั้งตรง ดังภาพที่ 9 ซึ่งมีการวาดสลับตำแหน่งในส่วนของตำแหน่งที่เส้นใยสปินเดิลดึงโครโมโซมให้เข้าไปขั้วของเซลล์ไม่เป็นมุมแหลม แต่นักเรียนมีการวาดเป็นมุมป้านแทน หรือมีการวาดลักษณะของโครโมโซมเป็นแท่งตั้งตรง



ภาพที่ 10 ตัวอย่างภาพวาดโครโมโซมของนักเรียนในระยะ anaphase I

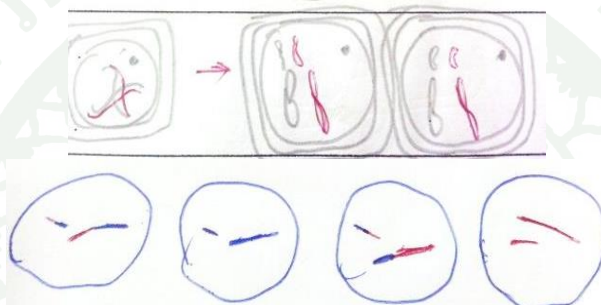
การครอสซิงโอเวอร์ พบว่า นักเรียนที่มีแบบจำลองถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ร้อยละ 34.21 โดยไม่ได้ระบุชนิดของการแบ่งเซลล์ว่าเป็นการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ส่วนนักเรียนที่มีแบบจำลองสมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องมีมากที่สุดร้อยละ 36.84 โดยนักเรียนส่วนใหญ่วาดภาพและอธิบายว่าโครโมโซมที่เป็นนอนซิสเตอร์โครมาทิดซ้อนทับกัน และวาดภาพและอธิบายว่าโครโมโซมที่แยกออกจากกันมีการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนของสารพันธุกรรมโดยการเปลี่ยนสีของโครโมโซมถูกต้อง แต่นักเรียนไม่ได้สังเกตว่าภาพเซลล์ก่อนแบ่งเซลล์ที่โจทย์ให้มามีโครโมโซมเพียง 2 แท่ง หรือ 1 คู่ เท่านั้น แต่นักเรียนวาดโครโมโซม 4 แท่ง หรือ 2 คู่ ดังภาพที่ 10 เช่นเดียวกับตอนทำกิจกรรมในการจัดการเรียนรู้ ทำให้ไม่สอดคล้องกับจำนวนโครโมโซมในโจทย์ ส่งผลให้แบบวัดในข้อถัดมานักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดสมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องร้อยละ 36.84 โดยนักเรียนวาดจำนวนโครโมโซมในเซลล์สอดคล้องกับเซลล์ตั้งต้นที่มีโครโมโซม 4 แท่ง หรือ 2 คู่ โดยวาดภาพเซลล์ที่ได้จากการแบ่งเป็น 4 เซลล์และแต่ละเซลล์มีโครโมโซม 2 แท่ง ซึ่งมีขนาดหรือสีต่างกัน ดังภาพที่ 11 แต่ไม่สอดคล้องกับโจทย์ จึงส่งผลต่อการวิเคราะห์กลุ่มแบบจำลองทางความคิด และนักเรียนอีกส่วนหนึ่งร้อยละ 23.68 มีแบบจำลองทาง

ความคิดไม่ถูกต้อง โดยบางส่วนวาดเพียง 2 เซลล์ และนักเรียนมีความสับสนเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมเช่นเดียวกับการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส สอดคล้องกับ Mertens และ Waker (1992)

1.5 ความแตกต่างของการแบ่งเซลล์พืชและเซลล์สัตว์



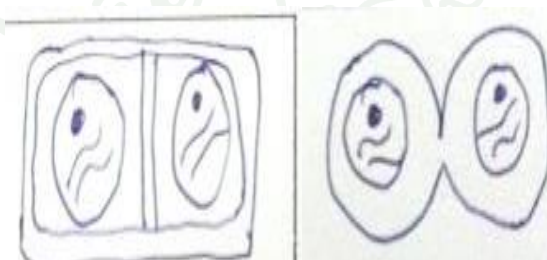
ภาพที่ 11 ตัวอย่างภาพวาดโครโมโซมของนักเรียน ในขณะที่เกิดกระบวนการ crossing over



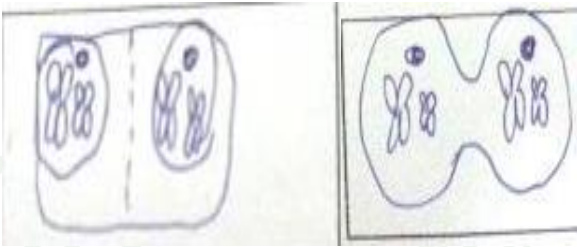
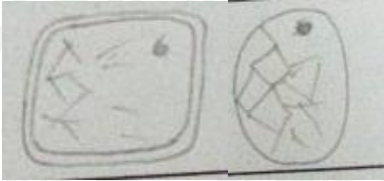
ภาพที่ 12 ตัวอย่างภาพวาดเซลล์ที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสของนักเรียน

ตารางที่ 11 แบบจำลองทางความคิดของนักเรียน เรื่อง ความแตกต่างของการแบ่งเซลล์พืชและเซลล์สัตว์

กลุ่มแบบจำลองทางความคิด	กลุ่มคำตอบ	ร้อยละจำนวนของนักเรียน
ถูกต้อง สมบูรณ์ (CMM)	- เซลล์รากหอมมี การสร้างผนังเซลล์ขึ้นมา เซลล์ผิวหนังของคน มีการคอดเว้าของเซลล์	57.89



ตารางที่ 11 (ต่อ)

กลุ่มแบบจำลองทางความคิด	กลุ่มคำตอบ	ร้อยละจำนวนของนักเรียน
ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM)	- cell plate ,cleavage 	18.42
สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM)	- เซลล์รากหอมมี การสร้าง cell plate เซลล์ผิวหนังของคน มีการคอดเว้าของเซลล์ 	10.53
ไม่ถูกต้อง (FMM)	- แบบไมโทซิส แบบไมโทซิส	7.89
ไม่เชื่อมโยง (IMM)	- ไม่เป็นวัฏจักร เป็นวัฏจักร	5.26
ไม่แสดง(NR)	-	0.00

เมื่อให้นักเรียนอธิบายและวาดภาพการแบ่งไซโทพลาสซึมของเซลล์พืชและเซลล์สัตว์พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์ร้อยละ 57.89 ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียน

“เซลล์รากหอม จะมี cell plate มากันตรงกลางเซลล์ และเซลล์ผิวหนังของคน เยื่อหุ้มเซลล์ จะคอดเว้าแล้วขาดออกจากกัน”

(นักเรียน 22 , แบบวัดวันที่ 25 กันยายน 2556)

และบางส่วนร้อยละ 18.42 มีแบบจำลองทางความคิดถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ โดยไม่ได้อธิบายอย่างละเอียด เขียนเพียงคำศัพท์คือ มีการ cleavage

1.6 ความแตกต่างของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส

ตารางที่ 12 แบบจำลองทางความคิดของนักเรียน เรื่อง ความแตกต่างของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส

กลุ่มแบบจำลองทางความคิด	ชนิดการแบ่งเซลล์		ส่วนประกอบที่นำมาศึกษา		ประเด็นความแตกต่าง	
	กลุ่มคำตอบ	ร้อยละ	กลุ่มคำตอบ	ร้อยละ	กลุ่มคำตอบ	ร้อยละ
ถูกต้อง สมบูรณ์ (CMM)	- มี 2 ชนิด คือ การแบ่งเซลล์ร่างกายและการแบ่งเซลล์ร่างกายเพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์	100.00	- ราก ใช้ศึกษาการแบ่งเซลล์ร่างกาย อับเรณู ใช้ศึกษาเซลล์สืบพันธุ์	47.37	- จำนวนโครโมโซม, จำนวนเซลล์หลังการแบ่งเซลล์, การcrossing over, การเปลี่ยนแปลงสารพันธุกรรม, จำนวนโครโมโซม	2.63
ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์(ICMM)	- มี 2 ชนิด คือ การแบ่งเซลล์แบบ mitosis และ meiosis	0.00	- ใช้อับเรณูในการศึกษา	44.74	อธิบายถูกต้องแต่ไม่ครบถ้วน - จำนวนโครโมโซม, จำนวนเซลล์หลังการแบ่งเซลล์, การcrossing over (ร้อยละ 45.45) - จำนวนโครโมโซม, จำนวนเซลล์หลังการแบ่งเซลล์, จำนวนระยะการแบ่งเซลล์ (ร้อยละ 45.45) - ชนิดของการแบ่งเซลล์ร่างกาย/สืบพันธุ์ (ร้อยละ 9.09)	68.42
สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง(CFMM)	-	0.00	-	0.00	-	0.00
ไม่ถูกต้อง (FMM)	-	0.00	- เซลล์รังไข่	7.89	- อธิบายไม่ถูกต้องและไม่ครบ	26.32
ไม่เชื่อมโยง (IMM)	-	0.00	-	0.00	- เซลล์ดอกกุหลาบไมโทซิส เซลล์รากหอมไมโอซิส	2.63
ไม่แสดง(NR)	-	0.00	-	0.00	-	0.00

นักเรียนมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้อง สมบูรณ์ร้อยละ 100.00 โดยสามารถระบุได้ว่าการแบ่งเซลล์มีสองชนิดคือการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส และเมื่อให้ระบุส่วนประกอบของต้นกุยช่ายที่นำมาศึกษาการแบ่งเซลล์แต่ละชนิดนักเรียนร้อยละ 44.74 มีแบบจำลองทางความคิดถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์โดยไม่ระบุว่าส่วนประกอบที่เขียนนั้นเป็นการแบ่งเซลล์ชนิดใด หรือระบุเพียงราก ลำต้น เท่านั้น แต่มีนักเรียนร้อยละ 47.37 มีแบบจำลองถูกต้องสมบูรณ์โดยกล่าวว่า การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสใช้ส่วนของราก ลำต้น การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสใช้ส่วนของอับเรณู และเมื่อให้เขียนประเด็นความแตกต่างลงในตารางพบว่า นักเรียนร้อยละ 68.42 มีแบบจำลองทางความคิดถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ โดยส่วนใหญ่ไม่ได้ระบุว่า การแบ่งเซลล์แต่ละชนิดเป็นการแบ่งเซลล์ร่างกายหรือแบ่งเซลล์ร่างกายเพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์

ผลการวิจัยพบว่า มีความสอดคล้องกับการสะท้อนอนุทินของนักเรียนหลังได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน โดยนักเรียนส่วนใหญ่ได้รับการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาแบบจำลองความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ ครบถ้วนตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน และภาพรวมของกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนอยู่ในกลุ่มที่ถูกต้องสมบูรณ์ โดยเฉพาะเนื้อหา เรื่อง ความแตกต่างของการแบ่งเซลล์พืช เซลล์สัตว์ และความแตกต่างของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ไมโอซิส เนื่องจากการจัดการเรียนรู้มีการให้นักเรียนสังเกตของจริง และสร้างแบบจำลอง ปรับปรุงแบบจำลองด้วยตนเอง แต่นักเรียนบางส่วนยังมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ในเรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส เนื่องจากในการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ต้องการเวลาในการทำความเข้าใจและแก้ไขแบบจำลองมาก

2. การปฏิบัติการสอนที่ดีในการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิด

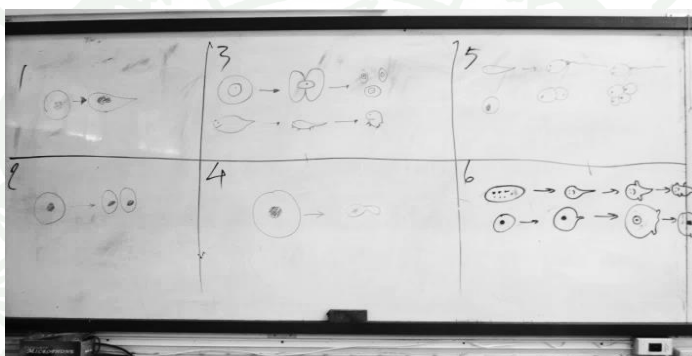
2.1 ผลการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ส่วนประกอบของเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง ตรวจสอบความรู้เดิม เรื่อง ส่วนประกอบของเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ คือ การแบ่งเซลล์ของหากลูกอ๊อด และตรวจสอบความรู้พื้นฐาน เรื่อง ส่วนประกอบของเซลล์ โดยให้นักเรียนบอกส่วนประกอบและหน้าที่ของส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ในใบกิจกรรม แล้วให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง โดยการวาดภาพ ชิ้นส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ เมื่อนักเรียนแสดงความคิดเห็นร่วมกันในกลุ่มจึงให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มเขียนภาพลงบนกระดาน



ภาพที่ 13 กิจกรรมขั้นสร้างแบบจำลอง แผนที่ 1



ภาพที่ 14 ตัวอย่างภาพวาดการแบ่งเซลล์จากความรู้เดิม แผนที่ 1

นักเรียนส่วนใหญ่คิดภาพแบบจำลองได้เฉพาะรูปแบบของการเป็นเซลล์พืชหรือเซลล์จากความรู้พื้นฐานเรื่องชนิดของเซลล์ และมีความรู้เดิมเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์จากการแบ่งสิ่งของจาก 1 เป็นสองชิ้น แต่นักเรียนบางส่วนมีแบบจำลองทางความคิดที่ว่า เซลล์มีการขยายตัว ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่ไม่มั่นใจในการสร้างแบบจำลองเนื่องจากกลัวจะผิดจากหลักการ และคิดว่า แบบจำลองไม่สามารถอธิบายองค์ประกอบภายในได้

ขั้นที่ 2 ใช้และประเมินแบบจำลอง นักเรียนดูภาพส่วนประกอบของเซลล์ (ภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน) และนำแบบจำลอง (ภาพวาด) ในขั้นที่ 1 มาเปรียบเทียบกับภาพจากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน แล้วอภิปรายเกี่ยวกับ ข้อจำกัดของแบบจำลอง ประเมินและหาแนวทางปรับปรุงแบบจำลอง

นักเรียนส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่า แบบจำลองที่สร้างนั้นอธิบายได้น้อย ควรมีการหาข้อมูลเพิ่มเติมมากขึ้นอีก เช่น ดูกล้องจุลทรรศน์ ดูภาพ

ขั้นที่ 3 ปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง นักเรียนปรับปรุงแบบจำลอง (ภาพวาด) จากแนวทางปรับปรุงในขั้นที่ 2

แบบจำลองของนักเรียนมีความละเอียดมากขึ้น โดยนักเรียนสังเกตจากภาพจากกล้องจุลทรรศน์ และนำข้อมูลของส่วนประกอบแต่ละส่วนมาเพิ่มเติมได้

ขั้นที่ 4 ขยายแบบจำลอง นักเรียนนำแบบจำลองไปสร้างเพิ่มเติม โดยวาดภาพเซลล์เดิมและเซลล์ใหม่ที่ได้จากการแบ่งเซลล์ และเขียนระบุส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์

นักเรียนไม่สามารถวาดการแบ่งเซลล์ชนิดอื่นๆได้ทันเวลา เนื่องจากรายละเอียดของส่วนประกอบภายในมีมาก จึงทำให้วาดได้เพียง 1 – 2 ชนิด จากทั้งหมด 4 ชนิด

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการจัดการเรียนรู้ในแผนที่ 1 จึงปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในแผนที่ 2 โดยกระตุ้นให้นักเรียนใช้จินตนาการสร้างแบบจำลองในขั้นที่ 1 และมีการหาข้อมูลเพิ่มเติมที่เห็นข้อมูลชัดเจนเพื่อให้ใช้ในการปรับปรุงแผนได้ละเอียดครบถ้วน สำหรับคำถามในกิจกรรมขั้นที่ 4 ควรลดปริมาณข้อคำถาม แต่ให้ครอบคลุมกับการนำแบบจำลองไปใช้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง ตรวจสอบแบบจำลองทางความคิดเดิม เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (การสร้างเซลล์หางของลูกอ๊อด) และให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง โดยให้วาดภาพการแบ่งเซลล์ จากสถานการณ์การแบ่งเซลล์ของปลายรากหอม



ภาพที่ 15 นักเรียนวาดการแบ่งเซลล์จากความรู้เดิม แผนที่ 2

เมื่อกระตุ้นให้นักเรียนใช้จินตนาการ เชื่อมโยงกับความรู้เดิม นักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างแบบจำลองที่ปรากฏ เส้นใยสปินเดิล โครโมโซมมีการแบ่งตัว เยื่อหุ้มเซลล์มีการหดตัว มีการสร้าง cell plate และนักเรียนแสดงความคิดว่า มีการแบ่งเซลล์ที่คล้ายกันกับแผนที่ 1 จึงสามารถสร้างแบบจำลองได้ละเอียดมากขึ้น ซึ่งจากข้อสรุปในแผนที่ 1 ที่นำมาใช้ส่งผลดีกับนักเรียนมากขึ้น

ขั้นที่ 2 ใช้และประเมินแบบจำลอง นักเรียนทำกิจกรรม การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสของปลายรากหอม (ศึกษาจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง) และนำแบบจำลอง (ภาพวาด) ในขั้นที่ 1 มาเปรียบเทียบกับภาพจากกิจกรรมและใช้อธิบายภาพจากกิจกรรม แล้วอภิปรายเกี่ยวกับ ข้อจำกัดของแบบจำลองและหาแนวทางปรับปรุงแบบจำลอง (ภาพวาด) ในขั้นที่ 1



ภาพที่ 16 นักเรียนใช้กล้องจุลทรรศน์ในกิจกรรมแผนที่ 2



ภาพที่ 17 นักเรียนวาดภาพจากภาพถ่ายในกิจกรรมแผนที่ 2

นักเรียนคิดว่าส่วนของออร์แกเนลล์ต่างๆและโครโมโซมที่วาดยังเห็นไม่ชัดเจนเหมือนกับภาพจริงที่ส่องภายใต้กล้องจุลทรรศน์ ภาพจากคลิปวิดีโอการแบ่งเซลล์จริง การดูคลิปวิดีโอการแบ่งเซลล์จริง

ขั้นที่ 3 ปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง นักเรียนดูภาพคลิปวิดีโอ และภาพสี การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส อย่างต่อเนื่อง จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน และคลิปแอนิเมชัน แล้วปรับปรุงแบบจำลอง (ภาพวาด) จากแนวทางปรับปรุงในขั้นที่ 2 และข้อมูลเพิ่มเติม



ภาพที่ 18 การศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมไปปรับปรุงแบบจำลอง แผนที่ 2



ภาพที่ 19 การเรียงลำดับภาพการแบ่งเซลล์เพื่อศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมไปปรับปรุงแบบจำลอง



ภาพที่ 20 การเปรียบเทียบข้อมูลของแต่ละกลุ่มเพื่อปรับปรุงแบบจำลอง



ภาพที่ 21 การนำข้อมูลเพิ่มเติมไปปรับปรุงแบบจำลองให้มีความชัดเจน แผนที่ 2



ภาพที่ 22 นักเรียนแต่ละกลุ่มวิเคราะห์แบบจำลองของทุกกลุ่ม แผนที่ 2

เมื่อดูแผนภาพเรื่องโครโมโซม และนำข้อมูลเพิ่มเติมที่วิเคราะห์เกี่ยวกับออร์แกเนลล์ต่างๆ นักเรียนสามารถวาดภาพและอธิบายระยะการแบ่งเซลล์ได้ชัดเจนขึ้น แต่นักเรียนส่วนใหญ่แสดงความคิดเห็นว่า ควรหาภาพเพิ่มเติมที่ชัดเจนมากกว่านี้ เช่น ภาพบางระยะเห็นเยื่อหุ้มเซลล์ไม่ชัดเจน บางภาพเห็นโครโมโซมไม่ชัดเจน ซึ่งเมื่อนำข้อสรุปในแผนที่ 1 มาปรับปรุงข้อมูลเพิ่มเติมให้ภาพชัดเจนแล้ว แต่พบว่ายังต้องหาข้อมูลเพิ่มเติมให้มากขึ้นและปรับปรุงภาพให้มีความคมชัดมากขึ้น

ขั้นที่ 4 ขยายแบบจำลอง นักเรียนนำแบบจำลองไปใช้อธิบายเซลล์อื่น คือ การแบ่งเซลล์ของ เซลล์ผิวหนังและเซลล์ใบสาหร่ายหางกระรอก ที่มีโครโมโซม 4 โครโมโซม จะเป็นอย่างไร และเซลล์ที่ได้จะเป็นอย่างไรเมื่อมีการแบ่งเซลล์อย่างต่อเนื่อง โดยทำในใบกิจกรรม

คำถามที่เปลี่ยนจากเซลล์พืชเป็นเซลล์สัตว์ นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเทียบกับแบบจำลองในขั้นที่ 3 และวาดได้ชัดเจนถูกต้อง มีบางส่วนที่วาดขนาดของโครโมโซมแต่ละระยะไม่สัมพันธ์กันแต่ในส่วนของคำถามท้ายกิจกรรม แม้จะปรับปรุงให้จำนวนลดลงแล้ว แต่นักเรียนยังไม่ทันเวลา เช่นเดียวกับแผนที่ 1 เนื่องจาก เนื้อหาเรื่องเซลล์ดิพลอยด์และแฮพลอยด์เป็นเรื่องใหม่สำหรับนักเรียน เมื่อให้เป็นการบ้านนักเรียนหลายคนจึงไม่มีเวลาทำและไม่เข้าใจเป็นส่วนใหญ่

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ เมื่อปรับปรุงการจัดการเรียนรู้จากข้อสรุปในแผนที่ 1 ที่นำมาใช้ในแผนที่ 2 โดยกระตุ้นด้วยคำถามให้ใช้จินตนาการสร้างแบบจำลอง นักเรียนสร้างได้ดีขึ้นมาก ส่วนของภาพเพิ่มเติมที่ปรับปรุงวิธีการจากแผนที่ 1 นักเรียนคิดว่าช่วยได้ดีขึ้นแต่ควรปรับภาพให้ชัดเจนมากขึ้นในส่วนของโครโมโซม และในขั้นขยายความรู้ เรื่องเซลล์ดิพลอยด์ แฮพลอยด์ ต้องมีการเน้นย้ำในขณะให้นักเรียนเขียนระยะการแบ่งเซลล์ในแผนการจัดการเรียนรู้ถัดไปให้มากขึ้น

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง ตรวจสอบความรู้เดิม เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส โดยใช้สถานการณ์ และคำถามเกี่ยวกับ การแบ่งเซลล์ เรื่อง การสร้างเซลล์สืบพันธุ์ของมนุษย์ ลักษณะทางพันธุกรรมของลูกเป็นอย่างไร ได้มาอย่างไร โครโมโซมเป็นอย่างไร ส่วนประกอบต่างๆภายในเซลล์จะเป็นอย่างไร และให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง โดยให้วาดภาพการแบ่งเซลล์ และระบุส่วนประกอบของเซลล์ที่ใช้ในการแบ่งเซลล์ด้วย

แบบจำลองมีรายละเอียดชัดเจนมากขึ้น เนื่องจากนักเรียนคิดว่ามีลักษณะคล้ายกันมีแบบจำลองของนักเรียนเพียงกลุ่มเดียวเท่านั้นที่สามารถอธิบายได้ชัดเจนมากที่สุดตรงตามหลักการ เนื่องจากนักเรียนมีการสอบถามจากครูผู้สอนในแต่ละระยะ และมีการจินตนาการที่ดี

ขั้นที่ 2 ใช้และประเมินแบบจำลอง ทำกิจกรรม การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสในเซลล์พืชของอับเรณูดอกกุยช่าย(ศึกษาจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง) และนำแบบจำลอง (ภาพวาด) ในขั้นที่ 1 มาเปรียบเทียบกับภาพจากกิจกรรมและใช้อธิบายภาพจากกิจกรรม แล้วอภิปรายเกี่ยวกับ ข้อจำกัดของแบบจำลองในขั้นที่ 1 แล้วประเมินและหาแนวทางปรับปรุงแบบจำลอง

แบบจำลองส่วนใหญ่อธิบายไม่ครบถ้วนเนื่องจากนักเรียนวาดการแบ่งเซลล์เพียงรอบเดียว

ขั้นที่ 3 ปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง นักเรียนดูภาพคลิวิดีโอ และภาพสี การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส จากกล้องจุลทรรศน์อิเล็กตรอน และคลิปแอนิเมชัน แล้วปรับปรุงแบบจำลอง (ภาพวาด) จากแนวทางปรับปรุงในขั้นที่ 2 และข้อมูลเพิ่มเติมจากการดูภาพคลิวิดีโอและคลิปแอนิเมชันเพื่อปรับปรุงแบบจำลอง



ภาพที่ 23 นักเรียนเรียงลำดับภาพจากข้อมูลเพิ่มเติมเพื่อปรับปรุงแบบจำลอง แผ่นที่ 3



ภาพที่ 24 นักเรียนการศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมและวิเคราะห์แบบจำลองของทุกกลุ่มเพื่อปรับปรุงแบบจำลอง แผนที่ 3



ภาพที่ 25 นักเรียนเปรียบเทียบแบบจำลองของทุกกลุ่มเพื่อปรับปรุงแบบจำลอง แผนที่ 3

นักเรียนสังเกตจากแหล่งข้อมูลต่างๆ และยังสับสนกับการแยกของโครโมโซม แต่เห็นว่าการแบ่งคล้ายกับไมโทซิส 2 ครั้ง แต่นักเรียนไม่สามารถทำได้ทันเวลา และกล่าวว่าให้เวลาน้อยเกินไป เนื่องจากมีหลายระยะ และการเน้นย้ำเพิ่มเติม เรื่องเซลล์ดิพลอยด์ แฮพลอยด์ จึงส่งผลกับระยะเวลาการเรียนรู้ที่มากเกินไปด้วย

ขั้นที่ 4 ขยายแบบจำลอง นักเรียนนำแบบจำลองไปใช้อธิบายเซลล์อื่น คือ การแบ่งเซลล์ของ เซลล์สืบพันธุ์มนุษย์ เซลล์สืบพันธุ์พืช ที่มีโครโมโซม 6 โครโมโซม จะเป็นอย่างไร และเซลล์ที่ได้จะเป็นอย่างไรเมื่อมีการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส โดยทำในใบกิจกรรม

เนื่องจากชั้นนี้สอนคนละวันกับชั้นที่ 3 และนักเรียนมีงานวิชาอื่นๆมากนักเรียนจึงกล่าวว่านักเรียนขาดการทบทวนทำให้ไม่สามารถเชื่อมโยงกับคำถามที่ประยุกต์กับเรื่องลักษณะทางพันธุกรรมได้

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ เมื่อปรับปรุงการจัดการเรียนรู้จากข้อสรุปในแผนที่ 2 ที่นำมาใช้ในแผนที่ 3 โดยปรับปรุงภาพโครโมโซมให้ชัดเจน ทำให้นักเรียนสังเกตและปรับปรุงแบบจำลองได้ดีขึ้นมาก แต่เรื่องนี้ควรให้เวลามากขึ้นได้ส่วนของชั้นที่ 3 เพื่อให้ให้นักเรียนเข้าใจอย่างชัดเจน และสามารถปรับปรุง แก๊สแบบจำลองให้ดียิ่งขึ้น สำหรับในชั้นที่ 4 โจทย์ที่ประยุกต์ควรให้เป็นการบ้าน แต่ควรตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนจากโจทย์ที่ปรับจากชั้นแก๊สแบบจำลองเพียงจำนวนโครโมโซมและชนิดของเซลล์เท่านั้น เพื่อให้นักเรียนเข้าใจแบบจำลองที่ถูกต้องก่อน

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ความแตกต่างของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง ตรวจสอบความรู้เดิม เกี่ยวกับ ความแตกต่างระหว่างไมโทซิสและไมโอซิส โดยถามจากความรู้ที่ได้จากแผนที่ 2 และแผนที่ 3 ว่ามีประเด็นใดที่ต่างกัน นำประเด็นความแตกต่างมาสร้างแบบจำลอง โดยวาดภาพในแต่ละประเด็น

นักเรียนส่วนใหญ่วาดภาพรายละเอียดได้ถูกต้องสมบูรณ์เนื่องจากกล่าวว่า มีลักษณะเช่นเดียวกับการเรียนเรื่องก่อนหน้านี้ แต่บางส่วนยังวาดจำนวนโครโมโซมไม่ชัดเจน

ขั้นที่ 2 ใช้และประเมินแบบจำลอง อภิปรายเกี่ยวกับ ข้อจำกัดของแบบจำลอง (ภาพวาด) ในแต่ละประเด็น ประเมินและหาแนวทางปรับปรุงแบบจำลอง (ภาพวาด) ในขั้นที่ 1

นักเรียนส่วนใหญ่นำแบบจำลองไปอธิบายได้ชัดเจน

ขั้นที่ 3 ปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง ปรับปรุงแบบจำลอง (ภาพวาด) จากแนวทางปรับปรุงในขั้นที่ 2

นักเรียนส่วนใหญ่มีการสอบถามเพื่อให้ครูผู้สอนตรวจสอบแบบจำลองมากขึ้น และมีการปรับปรุง แก๊สในประเด็นต่างๆน้อยลง เนื่องจากนักเรียนคิดว่า ได้รับข้อมูลที่ชัดเจนจากการเรียนก่อนหน้านี้แล้ว

ขั้นที่ 4 ขยายแบบจำลอง ให้สถานการณ์ในการแบ่งเซลล์ร่างกาย กับเซลล์สืบพันธุ์ และให้นักเรียนนำแบบจำลองไปใช้อธิบาย โดยทำในใบกิจกรรม

นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเขียนข้อมูลลงในตารางความแตกต่างของการแบ่งเซลล์ทั้ง 2 ชนิด ในประเด็นต่างๆได้ถูกต้องสมบูรณ์ และเมื่อให้การบ้านเป็นการวาดแบบจำลองที่เป็นการประยุกต์โดยวาดเซลล์เริ่มต้นและเซลล์ที่ได้จากการแบ่งเซลล์ นักเรียนสามารถวาดได้ถูกต้อง

จากการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้ เมื่อปรับปรุงการจัดการเรียนรู้จากข้อสรุปในแผนที่ 3 ที่นำมาใช้ในแผนที่ 4 ในขั้นขยายความรู้ที่ให้เป็นการบ้าน และมีการเชื่อมโยงกับแบบจำลอง โดยลดความซับซ้อนลง พบว่านักเรียนสามารถวาดภาพ และสรุปข้อมูลได้ถูกต้องครบถ้วน

2.2 การสังเคราะห์การปฏิบัติการสอนที่ดี

การจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 4 ขั้นตอน คือ 1. การสร้างแบบจำลอง (Model formation) 2. การใช้และประเมินแบบจำลอง (Use and evaluation) 3. การปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง (Model revision) 4. การขยายแบบจำลอง (Model elaboration) โดยผู้วิจัยขอเสนอแนวทางการปฏิบัติการสอนที่ดีในแต่ละขั้นตอนพร้อมหลักฐาน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง (Model formation) ผู้สอนจัดการเรียนรู้ที่กระตุ้นให้นักเรียนนำประสบการณ์เดิมจากแบบจำลองพื้นฐาน สร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับสถานการณ์จากปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยวาดภาพและอธิบายแบบจำลองด้วยภาษาพูด

1) การใช้สถานการณ์จากชีวิตประจำวันช่วยให้นักเรียนนำประสบการณ์เดิมจากแบบจำลองพื้นฐาน สร้างแบบจำลองทางความคิด

การจัดการเรียนรู้ในขั้นที่ 1 ควรเลือกสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันที่นักเรียนเคยพบ หรือมีความรู้ เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 สถานการณ์ในการการกระตุ้นให้นักเรียนสร้างแบบจำลอง (ภาพวาด) เรื่องการเจริญเติบโตของลูกอ๊อดได้ ดังตัวอย่างการสะท้อนจากอนุทินของนักเรียน ดังนี้

“ได้มาก เพราะ มีความรู้เดิมอยู่บ้าง”

(นักเรียน 9 อนุทินวันที่ 26 สิงหาคม 2556)

“มาก เพราะ เคยเห็น”

(นักเรียน 17 19 34 36 อนุทินวันที่ 26 สิงหาคม 2556)

“ได้บางส่วน เพราะ เคยเรียนมา”

(นักเรียน 22 37 อนุทินวันที่ 26 สิงหาคม 2556)

“นักเรียนสามารถวาดภาพแบบจำลองได้เมื่อมีการยกตัวอย่างเรื่องเซลล์ทางของ ลูกอ๊อดหรือการงอกของรากหอมซึ่งเป็นเรื่องที่นักเรียนเคยพบเห็นในชีวิตประจำวัน”

(บันทึกหลังสอน วันที่ 26 สิงหาคม 2556)

แต่จากผลการวิจัยพบว่า คำถามจากสถานการณ์ในชีวิตประจำวันช่วยตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนได้ดีมาก เนื่องจากมีนักเรียนบางส่วนที่ขาดแบบจำลองพื้นฐานในเรื่องนี้ เพราะ ไม่เคยเห็น และไม่ทราบองค์ประกอบต่างๆ แน่ชัด นักเรียนบางคนจำไม่ได้ว่าเป็นอย่างไร ดังนั้นจึงมีการปรับให้นักเรียนมีพื้นฐานความรู้เดิมที่เป็นไปในทิศทางเดียวกันก่อน โดยครูชี้แนะให้แสดงความคิดเห็นร่วมกันกับเพื่อนในกลุ่ม ที่มีประสบการณ์เดิมก่อน

2) การใช้คำถามปลายเปิดแบบเจาะลึกช่วยตรวจสอบความรู้เดิม และช่วยกระตุ้นการใช้แบบจำลองพื้นฐานในการสร้างแบบจำลองทางความคิด

การตรวจสอบแบบจำลองพื้นฐานของนักเรียนควรใช้คำถามปลายเปิดแบบเจาะลึก โดยให้นักเรียนวาดภาพและอธิบายเพื่อกระตุ้นการจินตนาการให้มีการสร้างแบบจำลองทางความคิดจากแบบจำลองพื้นฐานในชีวิตประจำวันได้ เช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 คำถามซึ่งให้นักเรียนวาดแบบจำลองของการเปลี่ยนแปลงเพียง 1 เซลล์ว่าควรเป็นอย่างไร ดังตัวอย่างการสะท้อนจากอนุทินของนักเรียน ดังนี้

“ได้ เพราะ จินตนาการได้”

(นักเรียน 14 อนุทินวันที่ 26 สิงหาคม 2556)

“ได้ เพราะ สามารถวาดภาพต่อได้อีก”

(นักเรียน 28 อนุทินวันที่ 26 สิงหาคม 2556)

“มาก เพราะ เกี่ยวกับชีวิตประจำวันที่เคยพบ”

(นักเรียน 18 อนุทินวันที่ 26 สิงหาคม 2556)

“การใช้คำถามปลายเปิดแบบเจาะลึกช่วยให้นักเรียนสามารถวาดภาพได้ชัดเจนและเชื่อมโยงกับแบบจำลองพื้นฐานได้ดียิ่งขึ้น”

(บันทึกหลังสอน วันที่ 26 สิงหาคม 2556)

แต่จากผลการวิจัยในข้อปฏิบัติที่ดีของการจัดการเรียนรู้ข้อที่ 2 มีความสัมพันธ์กับข้อปฏิบัติที่ดีข้อที่ 1 คือ เมื่อนักเรียนไม่มีประสบการณ์จากสถานการณ์ที่ยกตัวอย่าง รวมทั้งไม่มีความรู้เกี่ยวกับแบบจำลองพื้นฐาน โดยเฉพาะเรื่องส่วนประกอบของเซลล์ เช่น นักเรียนบางคนนึกถึงการเปลี่ยนแปลงได้น้อย เพราะไม่ทราบว่าภายในทางลูกออดมีอะไร และส่วนใหญ่อธิบายว่า ส่วนประกอบที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ มีเพียงเยื่อหุ้มเซลล์ และนิวเคลียส เช่น ระบุว่าเยื่อหุ้มเซลล์ ขยายตัว ขาดหรือแบ่ง นิวเคลียสขยายตัวหรือแบ่งตัว เป็นต้น ดังนั้น ควรมีการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้ทำความเข้าใจความรู้พื้นฐานในเรื่องที่เกี่ยวข้องให้ถูกต้องตามแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ ก่อนได้รับการจัดการเรียนรู้เรื่องถัดไป

3) การวาดภาพ ช่วยให้นักเรียนได้ฝึกคิด และสร้างจินตนาการเชื่อมโยงกับความรู้เดิม

การให้นักเรียนได้ฝึกวาดภาพแบบจำลอง เป็นการใช้จินตนาการ ทำให้เพิ่มความเข้าใจเห็นภาพชัดเจนขึ้น เพราะเป็นการแสดงออกของแบบจำลอง จากแบบจำลองทางความคิดที่นักเรียนมีดังตัวอย่างการสะท้อนจากอนุทินของนักเรียน ดังนี้

“ได้ใช้จินตนาการคิดว่าเป็นอย่างไรต่อ”

(นักเรียน 22 อนุทินวันที่ 26 สิงหาคม 2556)

“มีการออกความเห็น ปรึกษากันได้ดี”

(นักเรียน 12 อนุทินวันที่ 26 สิงหาคม 2556)

แต่จากผลการวิจัย มีนักเรียนบางส่วนที่จินตนาการไม่ออกจึงวาดภาพได้ยาก ซึ่งเมื่อสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่มีแบบจำลองทาง

วิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง เช่น ภาพวาด ภาพเคลื่อนไหว มาให้ศึกษาโดยที่นักเรียนไม่ต้องสร้างเอง หรือมีการสร้างแบบจำลอง ทำให้นักเรียนไม่กลัววาดภาพเพราะกลัววาดไม่ตรงกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง ดังนั้น จากการสะท้อนการปฏิบัติ และแก้ไขขณะจัดการเรียนรู้ในแผนที่ 1 ครูผู้สอนใช้วิธีชี้แจงว่า การสร้างแบบจำลองครั้งแรกนั้นให้นักเรียนวาดได้ตามความคิดเห็น และจินตนาการของนักเรียน ซึ่งจะไม่เน้นความสวยงามของภาพ และใช้คำถามในการกระตุ้นนักเรียนที่ขาดความมั่นใจ ซึ่งนักเรียนก็สามารถแสดงออกแบบจำลอง แสดงความคิดเห็นได้หลากหลายมากขึ้น ดังตัวอย่างการตอบคำถามในใบกิจกรรม ดังนี้

“เซลล์ขยายใหญ่ขึ้น”

(นักเรียน 4 8 13 21 ใบกิจกรรมที่ 1.1 ตอนที่ 1)

“กลายเป็น 2 เซลล์”

(นักเรียน 2 5 19 ใบกิจกรรมที่ 1.1 ตอนที่ 1)

“กลายเป็นหลายเซลล์”

(นักเรียน 1 6 7 ใบกิจกรรมที่ 1.1 ตอนที่ 1)

เมื่อมีการวางแผนในแผนที่ 2 พบว่า เมื่อกระตุ้นให้นักเรียนใช้จินตนาการ เชื่อมโยงกับความรู้เดิม นักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างแบบจำลองของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสที่ปรากฏ เส้นใยสปินเดิล โครโมโซมมีการแบ่งตัว เยื่อหุ้มเซลล์มีการคอดเว้า มีการสร้าง cell plate และนักเรียนแสดงความคิดเห็นว่า มีการแบ่งเซลล์ที่คล้ายกันกับแผนที่ 1 จึงสามารถสร้างแบบจำลองได้ละเอียดมากขึ้น ซึ่งจากข้อสรุปในแผนที่ 1 ที่นำมาใช้ส่งผลดีกับนักเรียนมากขึ้น รวมทั้งนักเรียนมีจินตนาการ และมั่นใจในการสร้างแบบจำลองมากขึ้น รวมทั้งได้ใช้การเปรียบเทียบจากแบบจำลองพื้นฐานในส่วนประกอบของเซลล์ที่ใช้ในการแบ่งเซลล์ในแผนที่ 1 มาสร้างแบบจำลองในแผนที่ 2 และใช้ความรู้ของแผนที่ 2 ไปใช้ในการสร้างแบบจำลองในขั้นที่ 1 ของแผนที่ 3 และใช้ความรู้ของแผนที่ 3 ไปใช้ในการสร้างแบบจำลองในขั้นที่ 1 ของแผนที่ 4 ดังตัวอย่างการสะท้อนจากอนุทินของนักเรียน ดังนี้

“ทำให้ฝึกจินตนาการ นำแบบจำลองเก่ามาประยุกต์กับแบบจำลองใหม่จึงทำให้สร้างแบบจำลองได้เร็วขึ้น”

(นักเรียน 37 อนุทินวันที่ 16 กันยายน 2556)

ขั้นที่ 2 ใช้และประเมินแบบจำลอง (Use and evaluation) นักเรียนนำแบบจำลองที่สร้างขึ้นไปอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา และประเมินแบบจำลอง

1) ใช้วิธีการวิเคราะห์ เปรียบเทียบ อภิปรายความถูกต้องและความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง

ในการจัดการเรียนรู้ใช้การให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายส่วนของแบบจำลองที่ถูกต้องที่สามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์จริงได้ โดยให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มนำเสนอ ทำให้นักเรียนกลุ่มอื่นๆ มองเห็นถึงจุดที่ถูกต้องและคลาดเคลื่อนที่จะนำไปใช้ในการปรับปรุงขั้นต่อไปได้ดีขึ้น แต่พบว่าการใช้เวลาในการอภิปรายส่งผลต่อการจัดการเรียนรู้ในขั้นถัดไป ดังนั้นจึงมีการแก้ปัญหาจากแผนที่ 1 โดยในแผนที่ 2 3 และ 4 ให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มนำเสนอเหมือนกับแผนที่ 1 แต่หากกลุ่มอื่นๆมีแนวคิดเช่นเดียวกัน จะให้นำเสนอเพียงกลุ่มเดียว และนำเสนอเฉพาะกลุ่มที่มีแบบจำลองแตกต่างกัน ทำให้ใช้เวลาในการนำเสนอขั้นที่ 2 ลดลงไป

2) ปรากฏการณ์ที่ศึกษาควรใช้สื่อที่มีความหลากหลายและมีรายละเอียดชัดเจน

เนื่องจากการจัดการเรียนรู้ในเรื่อง การแบ่งเซลล์ การส่องเซลล์โดยใช้กล้องจุลทรรศน์ จะไม่สามารถเห็นความต่อเนื่องของกระบวนการได้ ดังนั้นจึงต้องมีการใช้ภาพถ่ายหรือภาพจากวิดีโอที่เป็นการเปลี่ยนแปลงของกระบวนการจริง แต่จากผลการวิจัยแผนที่ ที่ 2 เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส พบว่า ภาพกระบวนการ จากวิดีโอทัศน์ยังไม่ชัดเจน อีกทั้งปัจจัยเรื่องเวลาส่งผลต่อการศึกษาปรากฏการณ์ด้วย นักเรียนจึงสังเกตไม่ครบถ้วน ดังนั้นในแผนที่ 3 เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส จึงให้เวลานักเรียนสังเกตเปรียบเทียบแบบจำลองของตนเอง กับปรากฏการณ์จริงในภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ และภาพจากวิดีโอทัศน์ ทำให้นักเรียนเห็นรายละเอียดที่ชัดเจนของสื่อที่หลากหลาย โดยระบุส่วนของแบบจำลองที่ใช้อธิบายได้ และส่วนที่ใช้อธิบายไม่ได้ดียิ่งขึ้น ดังตัวอย่างการสะท้อนจากอนุทินของนักเรียน ดังนี้

“แบบจำลองที่สร้างขึ้นอธิบายได้ไม่มาก เพราะสามารถแบ่งเซลล์ได้แล้ว 2 เซลล์ และมีการแบ่งเพียงรอบเดียวควรมีการแบ่งอีกรอบเพื่อให้ได้ 4 เซลล์”

(นักเรียน 20 อนุทินวันที่ 16 กันยายน 2556)

และนักเรียนส่วนใหญ่มีความคิดเห็นว่า แบบจำลองที่สร้างนั้นอธิบายปรากฏการณ์ได้น้อย เพราะรายละเอียดน้อยควรมีการหาข้อมูลเพิ่มเติมมากขึ้นอีก เช่น ดูกำลังจุลทรรศน์ ดูภาพ เป็นต้น

“ภาพที่ใช้เป็นข้อมูลเพิ่มเติมมีรายละเอียดบางส่วนไม่ชัดเจน ต้องมีการปรับเปลี่ยนภาพให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น”

(บันทึกหลังสอน วันที่ 16 กันยายน 2556)

ขั้นที่ 3 ปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง (Model revision) นักเรียนรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติมต่างๆ ทั้งสาเหตุการเกิดปรากฏการณ์ โครงสร้าง หน้าที่ การทำงาน ของปรากฏการณ์ที่ศึกษา เพื่อปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองให้สามารถอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษาได้ดียิ่งขึ้น

1) ใช้ข้อมูลเพิ่มเติมที่มีความหลากหลาย มีรายละเอียดชัดเจน และให้เวลามากขึ้น

ข้อมูลเพิ่มเติมสามารถช่วยปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองได้ เนื่องจาก ได้รู้ข้อมูลมากขึ้น และมีรายละเอียดที่ชัดเจนช่วยให้เข้าใจมากขึ้น และการแสดงความคิดเห็นของสมาชิกในกลุ่มช่วยให้ปรับปรุงแบบจำลองได้ดีขึ้น ซึ่งแบบจำลองของนักเรียนมีความละเอียดมากขึ้น ดังตัวอย่างการสะท้อนจากอนุทินของนักเรียน ดังนี้

“แบบจำลองละเอียดขึ้น เข้าใจลึกขึ้น”

(นักเรียน 17 20 22 26 อนุทินวันที่ 26 สิงหาคม 2556)

“ดีขึ้น ได้คำแนะนำจากเพื่อน”

(นักเรียน 37 อนุทินวันที่ 26 สิงหาคม 2556)

“เมื่อมีการปรับเปลี่ยนข้อมูล เพิ่มทั้งภาพที่มีรายละเอียดชัดเจน และให้เรียงลำดับภาพนักเรียนสามารถแก้ไขแบบจำลองได้ละเอียดยิ่งขึ้น”

(บันทึกหลังสอนวันที่ 26 สิงหาคม 2556)

แต่ในแผนที่ที่ 2 เมื่อดูแผนภาพเรื่องโครโมโซม และนำข้อมูลเพิ่มเติมที่วิเคราะห์เกี่ยวกับออร์แกเนลล์ต่างๆ นักเรียนสามารถวาดภาพและอธิบายระยะการแบ่งเซลล์ได้ชัดเจนขึ้น แต่นักเรียนส่วนใหญ่แสดงความคิดเห็นว่า ควรหาภาพเพิ่มเติมที่ชัดเจนมากกว่านี้ เช่น ภาพบางระยะเห็นเยื่อหุ้มเซลล์ไม่ชัดเจน บางภาพเห็นโครโมโซมไม่ชัดเจน เมื่อปรับปรุงข้อมูลเพิ่มเติมให้ภาพชัดเจนขึ้น และให้

เวลามากขึ้นในแผนที่ 3 พบว่า นักเรียนสังเกตและระบุรายละเอียดของแบบจำลองที่ต้องปรับปรุงในหลายส่วนได้ ดังตัวอย่างการสะท้อนจากอนุทินของนักเรียน ดังนี้

“ขาดการวาดในส่วนของการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนของ DNA”

(นักเรียน 33 อนุทินวันที่ 18 กันยายน 2556)

“ควรมีการวาดขนาดของโครโมโซม และใช้สีของโครโมโซมที่เหมือนกัน”

(นักเรียน 35 อนุทินวันที่ 18 กันยายน 2556)

“ควรมีภาพแบบจำลองของนักวิทยาศาสตร์ในส่วนของการ crossing over และลักษณะของโครโมโซมให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น”

(บันทึกหลังสอนวันที่ 18 สิงหาคม 2556)

และในแผนที่ ที่ 4 นักเรียนส่วนใหญ่มีการสอบถามเพื่อให้ครูผู้สอนตรวจสอบแบบจำลองมากขึ้น และมีการปรับปรุง แก้ไขในประเด็นต่าง ๆ น้อยลง เนื่องจากนักเรียนคิดว่า ได้รับข้อมูลที่ชัดเจนจากการเรียนก่อนหน้านี้แล้ว

ขั้นที่ 4 ขยายแบบจำลอง (Model elaboration) นักเรียนนำแบบจำลองไปสร้างเพิ่มเติมหรือนำไปรวมกับแบบจำลองอื่นเพื่อขยายแบบจำลองทางความคิดให้กว้างขึ้น

1) ใช้สถานการณ์เพิ่มเติมที่หลากหลายแต่ไม่ซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรื่องอื่นๆ

เมื่อนักเรียนได้นำแบบจำลองที่แก้ไขแล้วไปอธิบายแบบจำลองอื่นๆ แบบจำลองสามารถนำไปใช้อธิบายเซลล์อื่นๆ ได้มาก เพราะเซลล์ส่วนใหญ่คล้ายกัน ซึ่งสามารถเปรียบเทียบกันได้ เช่น ในแผนที่ 2 ที่เปลี่ยนจากเซลล์พืชเป็นเซลล์สัตว์ นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเทียบกับแบบจำลองในขั้นที่ 3 และวาดได้ชัดเจนถูกต้อง ดังตัวอย่างการสะท้อนจากอนุทินของนักเรียน ดังนี้

“แบบจำลองสามารถนำไปอธิบายได้มาก เพราะเซลล์ส่วนใหญ่คล้ายกัน”

(นักเรียน 33 อนุทินวันที่ 26 สิงหาคม 2556)

“แบบจำลองสามารถนำไปอธิบายได้มาก เพราะเมื่อรู้พื้นฐานก็สามารถวาดได้”

(นักเรียน 11 อนุทินวันที่ 26 สิงหาคม 2556)

“เวลาในขั้นตอนการขยายความรู้ มิใช่เพียงพหุต่อคำถามในกิจกรรม ควรปรับเปลี่ยนในส่วนของชนิดของเซลล์ของสิ่งมีชีวิตจากพืชเป็นสัตว์ก่อนเพื่อให้นักเรียนเข้าใจกระบวนการ”

(บันทึกหลังสอน วันที่ 26 สิงหาคม 2556)

ดังนั้น เพื่อให้ให้นักเรียนเข้าใจอย่างชัดเจน และสามารถปรับปรุง แก้ไขแบบจำลองให้ดียิ่งขึ้น สำหรับในขั้นที่ 4 โจทย์ที่ประยุกต์ควรช่วยตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียนจากโจทย์ที่ปรับจากขั้นแก้ไขแบบจำลองเพียงจำนวนโครโมโซมและชนิดของเซลล์เท่านั้น เพื่อให้ให้นักเรียนเข้าใจแบบจำลองที่ถูกต้องก่อน เช่น แผนที่ 4 นักเรียนส่วนใหญ่สามารถเขียนข้อมูลลงในตารางความแตกต่างของการแบ่งเซลล์ทั้ง 2 ชนิดในประเด็นต่างๆได้ถูกต้องสมบูรณ์ และเมื่อให้การบ้านเป็นการวาดแบบจำลองที่เป็นการประยุกต์โดยวาดเซลล์เริ่มต้นและเซลล์ที่ได้จากการแบ่งเซลล์ ซึ่งซับซ้อนน้อยลงจากแผนที่ 3 นักเรียนสามารถวาดได้ถูกต้อง

2) ควรให้ศึกษาสถานการณ์อื่นๆที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว เพิ่มเติม นอกเวลา และเพิ่มขั้นตอนของการทบทวนมากขึ้น

เนื่องด้วยนักเรียนไม่สามารถวาดการแบ่งเซลล์ชนิดอื่น ๆ ได้ทันเวลา เนื่องจากรายละเอียดของส่วนประกอบภายในแบบจำลองมีมาก และข้อคำถามมีปริมาณมากจึงทำให้วาดได้เพียง 1 – 2 ชนิด จากทั้งหมด 4 ชนิด ดังนั้นในแผนที่ 2 จึงมีการปรับคำถามท้ายกิจกรรม ให้จำนวนลดลงแล้ว แต่นักเรียนยังทำไม่ทันเวลาเช่นเดียวกับแผนที่ 1 เนื่องจาก มีเนื้อหาเรื่องเซลล์ดีพลอยด์และแฮพลอยด์เป็นเรื่องใหม่สำหรับนักเรียน ดังนั้นในแผนที่ 3 และ แผนที่ 4 จึงให้คำถามท้ายบทเป็นการบ้านแต่ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีงานวิชาอื่นๆมากนักเรียนจึงกล่าวว่า นักเรียนขาดการทบทวนทำให้ไม่สามารถเชื่อมโยงกับคำถามที่ประยุกต์กับเรื่องลักษณะทางพันธุกรรมได้ ดังนั้นในการศึกษาครั้งต่อไปควรมีการทบทวนนอกเวลาสำหรับนักเรียนไม่เข้าใจโดยการ ให้นักเรียนอธิบาย

ผลการวิจัยสรุปว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการที่มีการวางแผน ปฏิบัติตามแผน สังเกต และสะท้อนการปฏิบัติเป็นไปอย่างต่อเนื่องทั้ง 4 แผน ส่งผลให้ได้ข้อสรุปของการปฏิบัติการสอนที่ดีในการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิดได้ว่า การสร้างแบบจำลองควรใช้สถานการณ์จากชีวิตประจำวันเพื่อช่วยให้นักเรียนนำประสบการณ์เดิมจากแบบจำลองพื้นฐานสร้างแบบจำลองทางความคิด ควรใช้คำถามปลายเปิดแบบเจาะลึกช่วยตรวจสอบความรู้เดิม และให้มีการวาดภาพ เพื่อสร้างจินตนาการเชื่อมโยงกับความรู้เดิม สำหรับการประเมินแบบจำลองควรใช้วิธีการวิเคราะห์ เปรียบเทียบ อภิปรายความถูกต้องและความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง รวมทั้ง

ปรากฏการณ์ที่ศึกษาควรใช้สื่อที่มีความหลากหลายและมีรายละเอียดชัดเจน และในการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองควรใช้ข้อมูลเพิ่มเติมที่มีความหลากหลาย มีรายละเอียดชัดเจน และให้เวลามากขึ้นเมื่อนำแบบจำลองไปขยายเพิ่มเติม ควรมีการใช้สถานการณ์เพิ่มเติมที่หลากหลายแต่ไม่ซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรื่องอื่นๆ และให้ศึกษาสถานการณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้วเพิ่มเติมนอกเวลา อีกทั้งยังควรเพิ่มขั้นตอนของการทบทวนมากขึ้น

ข้อวิจารณ์

ผลของการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อแบบจำลองทางความคิด

จากการศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องสมบูรณ์ ร้อยละ 37.30 รองลงมา มีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ ร้อยละ 28.95 มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง ร้อยละ 17.66 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่ถูกต้อง ร้อยละ 10.55 มีแบบจำลองทางความคิดที่ไม่เชื่อมโยง ร้อยละ 3.83 และไม่แสดงแบบจำลองทางความคิด ร้อยละ 1.31 และพบว่า เรื่องความแตกต่างของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละสูงสุดคือ ร้อยละ 85.0 รองลงมาคือ เรื่องความแตกต่างของการแบ่งเซลล์พืชและเซลล์สัตว์ ร้อยละ 83.2 เรื่องส่วนประกอบของเซลล์ ร้อยละ 79.6 เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ร้อยละ 75.3 เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ร้อยละ 73.2 ตามลำดับ ส่วนเรื่องที่มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละต่ำที่สุด ร้อยละ 67.4 คือ เรื่องความสัมพันธ์ของ DNA โครมาตินและโครโมโซม ซึ่งภาพรวมของแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนมีค่าคะแนนเฉลี่ยร้อยละรวมทุกเรื่องเป็นร้อยละ 77.2

แบบจำลองความคิดเรื่องความแตกต่างของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละสูงสุด เนื่องจากเป็นสิ่งที่นักเรียนได้ปฏิบัติในกิจกรรมด้วยตนเอง จึงสังเกตได้ว่าส่วนใดที่มีการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส และเมื่อให้นักเรียนสรุปประเด็นความแตกต่าง นักเรียนมีแบบจำลองความคิดถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์เพราะไม่ได้กำหนดประเด็นที่เฉพาะเจาะจงลงไป ส่วนใหญ่ขาดเพียงการระบุว่าการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็นการแบ่งเซลล์ร่างกายและการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเป็นการแบ่งเซลล์ร่างกายเพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ แต่ในประเด็นอื่นสามารถเขียนเปรียบเทียบได้ถูกต้อง

แบบจำลองทางความคิดเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องจำนวนมาก เนื่องจากมีรายละเอียดหลายส่วน เช่น จำนวนของโครโมโซม การครอสซิงโอ

เวอร์ เป็นต้น ซึ่งพบว่านักเรียนส่วนใหญ่วาดภาพ และเขียนจำนวนโครโมโซมไม่ถูกต้อง สอดคล้องกับ ศศิเทพ ปิติพรเทพิน (2555) ที่กล่าวว่านักเรียนทราบขั้นตอนของการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส แต่ยัง วาดภาพหรืออธิบายเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซมไม่ถูกต้อง

การปฏิบัติการสอนที่ดีในการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิด

จากการวิจัยที่เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (action research) เมื่อมีการนำข้อมูลแต่ละแผน ไปปรับปรุงในแผนถัดไป พบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นมีน้อยลง เช่น มีการหาข้อมูลเพิ่มเติมที่เห็นข้อมูล ชัดเจน มีการลดปริมาณข้อคำถาม การกระตุ้นด้วยคำถามให้ใช้จินตนาการสร้างแบบจำลอง การปรับ ภาพให้ชัดเจนมาก การลดความซับซ้อนของคำถามในชั้นขยายความรู้ เป็นต้น แต่ยังพบว่า เวลาเป็น สิ่งสำคัญที่ต้องบริหารให้ดี เนื่องจากการศึกษา การแบ่งเซลล์ จากกล้องจุลทรรศน์ และข้อมูลเพิ่มเติม มีการใช้เวลามาก ซึ่งสอดคล้องกับ ศศิเทพ ปิติพรเทพิน (2555) ที่กล่าวว่า เวลาเป็นสิ่งสำคัญอย่าง มากต่อการเรียนรู้ เรื่อง การแบ่งเซลล์ เนื่องจากนักเรียนแต่ละคนต้องใช้เวลาในการศึกษาค้นคว้าหา ความรู้ก่อนลงมือสร้างภาพเคลื่อนไหวด้วยคอมพิวเตอร์

การตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนเป็นสิ่งสำคัญ แม้งานวิจัยนี้จะไม่มีการวัดแบบจำลอง ทางความคิดของนักเรียนก่อนเรียน แต่จากผลการวิจัยพบว่า ในขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง (Model formation) เมื่อมีการใช้สถานการณ์จากชีวิตประจำวัน ประกอบกับการใช้คำถามปลายเปิด สอดคล้องกับ ฮามีดี๊ะ มูสอ (2555) ที่มีการใช้คำถามในลักษณะของคำถามปลายเปิดที่ให้โอกาส นักเรียนได้คิดและอภิปรายตลอดเวลา และสอดคล้องกับ ชัยยนต์ ศรีเชียงหา (2554) ที่ใช้คำถามถาม นักเรียนและเป็นคำถามปลายเปิด ทำให้ครูผู้สอนสามารถตรวจสอบความรู้เดิม และแบบจำลอง พื้นฐานที่ใช้ในการสร้างแบบจำลองของนักเรียนได้ เพราะการที่ครูทำความเข้าใจความรู้เดิมของ นักเรียนก่อนจึงเป็นความจำเป็นอย่างยิ่ง เมื่อวิเคราะห์ เราจะพบสาเหตุของความเข้าใจคลาดเคลื่อน ทำให้ครูสามารถออกแบบการสอนเพื่อปรับเปลี่ยนแนวคิดได้อย่างเหมาะสม โดยให้ผู้เรียนเป็นผู้สร้าง องค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง (พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, 2553)

การให้นักเรียนได้ฝึกวาดภาพแบบจำลอง เป็นการแสดงออกของแบบจำลอง จากแบบจำลอง ทางความคิดที่นักเรียนมี ทำให้เห็นภาพชัดเจนขึ้น เพิ่มความเข้าใจมากขึ้น และเป็นการใช้จินตนาการ ซึ่งการรวบรวมความคิดใหม่ เกิดการจากเชื่อมโยงความคิด จินตนาการ การเปลี่ยนสิ่งแวดล้อม (Beveridge, 1979) และในการศึกษาครั้งนี้ เป็นเรื่องการแบ่งเซลล์ ที่มีลักษณะเป็นนามธรรม เนื่องจากส่วนประกอบหลายส่วนไม่สามารถมองเห็นได้ชัดเจน จึงต้องอาศัยจินตนาการร่วมด้วย ซึ่งพือา

เจตต์ ระบุว่าวัยรุ่น (อายุ 12 – 18 ปี) สามารถที่จะคิดเป็นนามธรรมได้ (สุรงค์ โค้วตระกูล, 2552) แต่จากผลการวิจัยพบว่า นักเรียนบางส่วนจินตนาการไม่ออกจึงวาดภาพได้ยาก และเมื่อสัมภาษณ์นักเรียนเพิ่มเติม พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ได้รับการจัดการเรียนรู้ที่มีแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องในเนื้อหาเรื่องอื่นๆ เช่น ภาพวาด ภาพเคลื่อนไหว มาให้ศึกษาโดยที่นักเรียนไม่ต้องสร้างเอง หรือมีการสร้างแบบจำลอง ทำให้นักเรียนไม่กล้าวาดภาพเพราะกลัวว่าไม่ตรงกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง ดังนั้น จึงกระตุ้นด้วยคำพูดที่ให้นักเรียนวาดตามความคิดและจินตนาการ ทำให้นักเรียนกล้าวาดภาพมากขึ้น มีความคิดใหม่ที่หลากหลายมากยิ่งขึ้น

การให้นักเรียนได้ทำงานเป็นกลุ่มเพื่อวิเคราะห์ เปรียบเทียบ อภิปรายความถูกต้องและความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองของตนเองและแบบจำลองของคนอื่นๆ โดยมีครูผู้สอนคอยกระตุ้นด้วยคำถาม เพื่อให้นักเรียนสังเกตรายละเอียดของแบบจำลอง และให้ตัวแทนแต่ละกลุ่มนำเสนอ เพื่อลดระยะเวลาในการจัดกิจกรรม ทำให้นักเรียนกลุ่มอื่นๆมองเห็นถึงจุดที่ถูกต้องและคลาดเคลื่อนที่จะนำไปใช้ในการปรับปรุงแบบจำลองในขั้นต่อไปได้ดีขึ้น ซึ่งเป็นการให้นักเรียนได้เรียนรู้และทำความเข้าใจกับแบบจำลองที่ผู้อื่นสร้างขึ้น Acher และคณะ กล่าวว่า ครูจะต้องกระตุ้นให้นักเรียนตีความหมายของข้อเท็จจริงจากแบบจำลองด้วยวิธี “model of imaginary parts” คือให้ผู้เรียนแยกแบบจำลองออกเป็นส่วนๆ (making discrete) และทำความเข้าใจลักษณะหรือสมบัติของส่วนนั้นๆ แล้วจึงมองแบบจำลองในภาพรวมอย่างเป็นระบบ (systematic view) เพื่อวิเคราะห์ความสัมพันธ์เชื่อมโยง นำความรู้ที่ผู้เรียนมีมาเปรียบเทียบกับแบบจำลอง แล้วจึงอธิบายสมบัติหรือพฤติกรรมของแบบจำลอง (Acher และคณะ, 2007 อ้างในพรณวิไล ชมจิต, 2552)

ปรากฏการณ์ที่ศึกษาควรใช้สื่อที่มีความหลากหลายและมีรายละเอียดชัดเจน เช่น ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ ภาพเคลื่อนไหว เป็นต้น เพื่อระบุส่วนของแบบจำลองที่นำไปใช้อธิบายได้ และส่วนที่ใช้อธิบายไม่ได้ดียิ่งขึ้น สอดคล้องกับ กฤษณา โภคพันธ์ (2554) ที่ใช้กิจกรรมที่มีการให้นักเรียนสังเกตภาพ ดูวิดีโอ ใช้คำถาม ซึ่งจะทำให้นักเรียนเรียนเกิดความเข้าใจในเนื้อหาได้ และจากสื่อที่มีความหลากหลายช่วยให้นักเรียนได้รับข้อมูลต่างๆ เมื่อนักเรียนได้วิเคราะห์ เปรียบเทียบ อภิปราย โดยใช้เหตุผลจะทำให้เกิดการเชื่อมโยงความรู้เดิม ความรู้ใหม่ที่หลากหลาย สอดคล้องกับกฎ Closure มีใจความว่า “มนุษย์จะจัดรวบรวมการรับรู้ให้ง่าย และอาจจะเสริมสร้างให้เต็มถ้าจำเป็น แต่การจัดรวบรวมจะทำโดยมีเหตุผลอย่างเหมาะสม” (สุรงค์ โค้วตระกูล, 2552)

ผลการวิจัยสรุปการปฏิบัติการสอนที่ดีในการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิดได้ว่า การสร้างแบบจำลองควรใช้สถานการณ์จากชีวิตประจำวันเพื่อช่วยให้นักเรียนนำประสบการณ์เดิมจากแบบจำลองพื้นฐาน สร้างแบบจำลองทางความคิด ควรใช้

คำถามปลายเปิดแบบเจาะลึกช่วยตรวจสอบความรู้เดิม และให้มีการวาดภาพ เพื่อสร้างจินตนาการ เชื่อมโยงกับความรู้เดิม สำหรับการประเมินแบบจำลองควรใช้วิธีการวิเคราะห์ เปรียบเทียบ อภิปราย ความถูกต้องและความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง รวมทั้งปรากฏการณ์ที่ศึกษาควรใช้สื่อที่มีความ หลากหลายและมีรายละเอียดชัดเจน และในการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองควรใช้ข้อมูลเพิ่มเติมที่มี ความหลากหลาย มีรายละเอียดชัดเจน และให้เวลามากขึ้น เมื่อนำแบบจำลองไปขยายเพิ่มเติม ควรมี การใช้สถานการณ์เพิ่มเติมที่หลากหลายแต่ไม่ซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรื่องอื่นๆ และให้ศึกษา สถานการณ์อื่นๆที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว เพิ่มเติมนอกเวลา อีกทั้งยังควรเพิ่มขั้นตอน ของการทบทวนมากขึ้น



บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อศึกษาผลของการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
2. เพื่อศึกษาการปฏิบัติการสอนที่ดีในการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ขอบเขตของการวิจัย

1. สถานที่ดำเนินการวิจัย คือ โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่แห่งหนึ่งในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 7
2. กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ศึกษาวิชาชีววิทยา ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 38 คน
3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ เนื้อหาวิชาชีววิทยา เรื่อง การแบ่งเซลล์ ตามคู่มือการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (พ.ศ. 2551) ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) โดยครอบคลุม 4 เนื้อหาหลัก ดังนี้ 1) ส่วนประกอบของเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ 2) การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (mitosis) 3) การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (meiosis) 4) ความแตกต่างระหว่างไมโทซิสและไมโอซิส (สสวท., 2551)
4. ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล คือ ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ช่วงเดือน สิงหาคม – กันยายน โดยทำการสอนเป็นเวลา 3 คาบ / สัปดาห์ คาบละ 50 นาที รวม 12 คาบ

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ เรื่อง การแบ่งเซลล์ ประกอบไปด้วย 1. ส่วนประกอบของเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ 2. ความสัมพันธ์ของ DNA โครมาตินและโครโมโซม 3. การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส 4. การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส 5. ความแตกต่างของการแบ่งเซลล์พืชและการแบ่งเซลล์สัตว์ 6. ความแตกต่างของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

ระยะเวลาที่เก็บข้อมูล

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ช่วงเดือนสิงหาคม – กันยายน โดยทำการสอนเป็นเวลา 3 คาบ / สัปดาห์ คาบละ 50 นาที รวม 12 คาบ

หน่วยการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การแบ่งเซลล์

แผนการจัดการเรียนรู้ เรื่อง การแบ่งเซลล์ ครอบคลุม 4 เนื้อหาหลัก คือ 1) ส่วนประกอบของเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ 2) การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (mitosis) 3) การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (meiosis) 4) ความแตกต่างระหว่างไมโทซิสและไมโอซิส ใช้เวลาในการสอนทั้งสิ้น 4 แผนฯ ซึ่งสร้างตามกรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน ของ Gobert and Buckley (2000) ซึ่งประกอบด้วย 4 ขั้นตอน คือ 1. การสร้างแบบจำลอง (Model formation) 2. การใช้และประเมินแบบจำลอง (Use and evaluation) 3. การปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง (Model revision) 4. การขยายแบบจำลอง (Model elaboration)

ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาหาคุณภาพหน่วยการจัดการเรียนรู้ โดยศึกษาจากงานวิจัย เนื้อหาตัวชี้วัดของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 การจัดการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน และออกแบบหน่วยการจัดการเรียนรู้ จากนั้นส่งเครื่องมือให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา ภาษาที่ใช้ จำนวน 3 ท่าน คือ ครูผู้มีประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้ 1 ท่าน นักวิทยาศาสตร์ศึกษา 2 ท่าน ซึ่งมีการนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะเดียวกับกลุ่มที่ศึกษาโดยจัดการเรียนรู้แบบคู่ขนาน แล้วนำเครื่องมือมาปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริงกับกลุ่มที่ศึกษา โดยใช้หลักการตามการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (action research)

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

แบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ มีข้อคำถามแบบอัตนัย จำนวน 14 ข้อ ที่มีทั้งประเภทความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ ครอบคลุมเนื้อหา 6 เรื่อง คือ ส่วนประกอบของเซลล์ ความสัมพันธ์ของ DNA โครมาตินและโครโมโซม การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ความแตกต่างของการแบ่งเซลล์พืชและการแบ่งเซลล์สัตว์ และความแตกต่างของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

เครื่องมืออื่นๆ ประกอบด้วย ใบงาน ชิ้นงาน (งานกลุ่ม) และการตอบคำถามในระหว่างการจัดการเรียนรู้ของนักเรียน

2. เครื่องมือที่ใช้ศึกษาการจัดการเรียนรู้

บันทึกหลังสอนของครู และวิดิทัศน์การสอนของครู คือ เครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบการจัดการเรียนรู้ของผู้สอนที่ครอบคลุม ทั้งในด้านเนื้อหา การจัดกิจกรรม การประเมินผล ซึ่งการบันทึกจะบันทึกหลังสอน พร้อมกับการเปิดวิดิทัศน์ โดยบันทึกในประเด็นของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น รวมทั้งส่วนที่เป็นปัญหาและข้อเสนอแนะ

อนุทินของนักเรียน คือ เครื่องมือที่ใช้ตรวจสอบการจัดการเรียนรู้ของผู้เรียนที่ครอบคลุม ทั้งในด้านเนื้อหา การจัดกิจกรรม การประเมินผล ซึ่งการบันทึกจะบันทึกหลังเรียน โดยบันทึกในประเด็นของเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น รวมทั้งส่วนที่เป็นปัญหาและข้อเสนอแนะ ซึ่งต้องสอดคล้องกับกรอบการบันทึกของบันทึกหลังสอนของผู้สอนด้วย

ผู้วิจัยสร้างและพัฒนาคุณภาพเครื่องมือทั้ง 2 ชนิด โดยศึกษาจากงานวิจัย เนื้อหาตัวชี้วัดของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 สร้างกรอบเนื้อหา จากนั้นส่งเครื่องมือให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความตรงตามเนื้อหา ภาษาที่ใช้ จำนวน 3 ท่าน โดยแบบวัดแบบจำลองทางความคิด มีผู้เชี่ยวชาญ คือ ครูผู้มีประสบการณ์ในการจัดการเรียนรู้ 1 ท่าน นักวิทยาศาสตร์ศึกษา 1 ท่าน อาจารย์คณะวิทยาศาสตร์ 1 ท่าน ซึ่งเครื่องมือทั้งหมดมีการนำไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างที่มีลักษณะเดียวกับกลุ่มที่ศึกษา แล้วนำเครื่องมือมาปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริง

วิธีการเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการเก็บรวบรวมข้อมูลตามขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (action research) ดังนี้

1. ขั้นวางแผน (Plan) สสำรวจแบบจำลองทางความคิด ของนักเรียนโดยการตรวจสอบความรู้เดิมวิเคราะห์และนำผลการวิเคราะห์มาปรับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้ออกแบบไว้
2. ขั้นปฏิบัติตามแผน (Act) ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่ออกแบบไว้ มีการบันทึกวีดิทัศน์ระหว่างการทำกิจกรรมการสอนและให้นักเรียนเขียนอนุทินรายสัปดาห์
3. ขั้นสังเกต (Observe) ผู้วิจัยสังเกตจากวีดิทัศน์การสอนของตนเองพร้อมกับการเขียนบันทึกหลังสอนตามกรอบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานและวิเคราะห์ข้อมูลจากบันทึกหลังสอน และอนุทินของนักเรียน ตามกรอบการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน
4. ขั้นสะท้อนการปฏิบัติ (Reflect) ผู้วิจัยนำข้อมูลที่ได้จากเก็บรวบรวมข้อมูลเขียนสะท้อนการปฏิบัติการสอนของตนเองลงในบันทึกหลังสอนนำข้อมูลที่ได้ไปปรับปรุงในแผนการจัดการเรียนรู้แผนต่อไปซึ่งมีการวิเคราะห์ข้อมูลจากแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 1 นำไปปรับปรุงในแผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 2 นั่นคือ มีการนำข้อมูลจากแผนการจัดการเรียนรู้ก่อนหน้าไปปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไป

เมื่อจัดการเรียนรู้ครบทุกเนื้อหา ผู้วิจัยให้นักเรียนทำแบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่องการแบ่งเซลล์ ใช้เวลา 1 ชั่วโมง 30 นาที

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. แบบวัดแบบจำลองทางความคิด

นำคำตอบมาจำแนกตามกลุ่มแบบจำลองความคิดเป็น 6 กลุ่ม ตามการจัดกลุ่มแบบจำลองความคิดของ ฌ็องฌัก กือทาน (2554) ที่ประยุกต์จาก Chi and Roscoe (2002) คือ 1) แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (Correct mental models) หมายถึง นักเรียนวาดภาพถูกต้อง และอธิบายเหตุผลถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 2) แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่

ไม่สมบูรณ์ (Incomplete correct mental models) หมายถึง นักเรียนวาดภาพถูกต้องและอธิบายเหตุผลถูกต้อง สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ 3) แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (Complete flawed mental models) หมายถึง นักเรียนวาดภาพถูกต้อง แต่อธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ หรือวาดภาพไม่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลถูกต้องสอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์อย่างน้อย 1 องค์ประกอบ 4) แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (Flawed mental models) หมายถึง นักเรียนวาดภาพไม่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ 5) แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (Incoherent mental model) หมายถึง นักเรียนวาดภาพและอธิบายเหตุผลไม่สอดคล้องกับข้อความคำถาม หรือเขียนบรรยายแต่ไม่อธิบายเหตุผล 6) ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (No response) หมายถึง นักเรียนไม่ตอบคำถามหรือเขียนข้อความ แต่ไม่วาดภาพ หรือวาดภาพแต่ไม่เขียนข้อความ

หาค่าความถี่และร้อยละของจำนวนนักเรียนแต่ละกลุ่มแบบจำลองความคิด โดยก่อนการวิเคราะห์ข้อมูลจริงผู้วิจัยให้ให้ครูชีววิทยาจำนวน 2 คน ซึ่งมีประสบการณ์การสอนเรื่อง การแบ่งเซลล์ ตรวจสอบคำตอบอย่างเป็นอิสระร่วมกับผู้วิจัย โดยสุ่มวิเคราะห์ข้อมูลเดียวกันร้อยละ 25 โดยผู้วิจัยชี้แจงวิธีการวิเคราะห์ข้อมูล เมื่อได้ผลการวิเคราะห์ ผู้วิจัยหาค่าสัมประสิทธิ์ความสอดคล้องระหว่างผู้ประเมิน (inter – rater reliability coefficient) เมื่อพบความไม่สอดคล้องจะอภิปรายร่วมกันจนได้มติ และใช้ข้อค้นพบที่ได้เป็นแนวทางการวิเคราะห์ข้อมูลที่เหลือโดยผู้วิจัยเอง ผู้วิจัยเปรียบเทียบค่าความถี่และร้อยละของแต่ละกลุ่มแบบจำลองทางความคิดหลังเรียนเป็นรายแนวคิด

หาค่าคะแนนเฉลี่ยและร้อยละคะแนนเฉลี่ยของกลุ่มแบบจำลองความคิด โดยให้น้ำหนักคะแนนแต่ละกลุ่มแบบจำลองความคิด ดังนี้

1. แบบจำลองความคิดที่ถูกต้อง (CMM)	5 คะแนน
2. แบบจำลองความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ (ICMM)	4 คะแนน
3. แบบจำลองความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้อง (CFMM)	3 คะแนน
4. แบบจำลองความคิดที่ไม่ถูกต้อง (FMM)	2 คะแนน
5. แบบจำลองความคิดที่ไม่เชื่อมโยง (IMM)	1 คะแนน
6. ไม่แสดงแบบจำลองความคิด (NR)	ไม่มีคะแนน

เมื่อให้ค่าน้ำหนักคะแนนแต่ละกลุ่มแบบจำลองความคิดแล้ว จึงใช้สูตรในการหาคะแนนเฉลี่ยและร้อยละคะแนนเฉลี่ยเมื่อเทียบกับคะแนนเดิม

2. บันทึกหลังสอนของครู และอนุทินของนักเรียน

นำข้อมูลด้านพฤติกรรมของครูผู้สอน (ผู้วิจัย) และพฤติกรรมของนักเรียน รวมทั้งบทสนทนาระหว่างครูและนักเรียน จากวีดิทัศน์การสอนของครู รวมทั้งข้อมูลได้จากการอ่านบันทึกหลังสอน และอนุทินของนักเรียน โดยนำข้อมูลที่ได้จากบันทึกหลังสอนของครูในแผนการจัดการเรียนรู้มาวิเคราะห์ตามกรอบแนวคิดของการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน และวิเคราะห์จุดแข็ง จุดอ่อน สิ่งที่ควรปรับปรุง สร้างข้อสรุปเป็นองค์ความรู้ที่ได้จากการปฏิบัติในแผนที่ 1 และนำข้อมูลที่ได้จากอนุทินของนักเรียนแต่ละคนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 มาสะท้อนความคิดของนักเรียน วิเคราะห์ประเด็นผลการจัดการเรียนรู้ ปัญหา แนวทางแก้ไข ข้อเสนอแนะ และวิเคราะห์แบบอุปนัย โดยจัดกลุ่มข้อมูลเป็นความถี่ของข้อมูลในแต่ละประเด็น หลังจากนั้นนำองค์ความรู้จากบันทึกหลังสอน และอนุทินของนักเรียนมาสรุปจุดแข็งที่จะนำไปปฏิบัติในแผนที่ 2 เพื่อยืนยันแนวทางปฏิบัติ และทำให้จุดอ่อนแต่ละประเด็นลดน้อยลงในแผนที่ 2

เมื่อดำเนินการจัดการเรียนรู้ในแผนการจัดการเรียนรู้ต่อไป วิเคราะห์ข้อมูลจากบันทึกหลังสอนและอนุทินของนักเรียน โดยวิเคราะห์แบบอุปนัย สรุปจุดแข็งที่จะนำไปปฏิบัติในแผนที่ต่อไป เพื่อยืนยันแนวทางปฏิบัติ และทำให้จุดอ่อนแต่ละประเด็นลดน้อยลงในแผนที่ต่อไป ซึ่งปฏิบัติต่อเนื่องไปเป็นวงจร สรุปดังแผนภาพที่ 4

สรุปผลการวิจัย

1. ผลของการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานที่มีต่อแบบจำลองทางความคิด

ผลวิจัยแสดงให้เห็นว่านักเรียนส่วนใหญ่ได้รับการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาแบบจำลองความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ ครบถ้วนตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน และภาพรวมของกลุ่มแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนอยู่ในกลุ่มที่ถูกต้องสมบูรณ์ โดยเฉพาะเนื้อหา เรื่อง ความแตกต่างของการแบ่งเซลล์พืช เซลล์สัตว์ และความแตกต่างของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ไมโอซิส เนื่องจากการจัดการเรียนรู้มีการให้นักเรียนสังเกตของจริง และสร้างแบบจำลอง ปรับปรุงแบบจำลองด้วยตนเอง แต่นักเรียนบางส่วนยังมีแบบจำลองทางความคิดที่ถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์ในเรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส เนื่องจากในการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ต้องการเวลาในการทำความเข้าใจและแก้ไขแบบจำลองมาก

2. การปฏิบัติการสอนที่ดีในการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานที่ช่วยพัฒนาแบบจำลองทางความคิด

การสร้างแบบจำลองควรใช้สถานการณ์จากชีวิตประจำวันเพื่อช่วยให้นักเรียนนำประสบการณ์เดิมจากแบบจำลองพื้นฐาน สร้างแบบจำลองทางความคิด ควรใช้คำถามปลายเปิดแบบเจาะลึกช่วยตรวจสอบความรู้เดิม และให้มีการวาดภาพ เพื่อสร้างจินตนาการเชื่อมโยงกับความรู้เดิม สำหรับการประเมินแบบจำลองควรใช้วิธีการวิเคราะห์ เปรียบเทียบ อภิปรายความถูกต้องและความคลาดเคลื่อนของแบบจำลอง รวมทั้งปรากฏการณ์ที่ศึกษาควรใช้สื่อที่มีความหลากหลายและมีรายละเอียดชัดเจน และในการปรับปรุงแก้ไขแบบจำลองควรใช้ข้อมูลเพิ่มเติมที่มีความหลากหลาย มีรายละเอียดชัดเจน และให้เวลามากขึ้น เมื่อนำแบบจำลองไปขยายเพิ่มเติม ควรมีการใช้สถานการณ์เพิ่มเติมที่หลากหลายแต่ไม่ซับซ้อนและเกี่ยวข้องกับเนื้อหาเรื่องอื่นๆ และให้ศึกษาสถานการณ์อื่นๆ ที่เกี่ยวข้องกับแบบจำลองที่ปรับปรุงแล้ว เพิ่มเติมนอกเวลา อีกทั้งยังควรเพิ่มขั้นตอนของการทบทวนมากขึ้น

จากการศึกษาแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่า แบบจำลองความคิดเรื่องความแตกต่างของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส นักเรียนมีคะแนนเฉลี่ยร้อยละสูงที่สุด เนื่องจากเป็นสิ่งที่นักเรียนได้ปฏิบัติในกิจกรรมด้วยตนเอง จึงสังเกตได้ว่า ส่วนใดที่มีการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส และเมื่อให้นักเรียนสรุปประเด็นความแตกต่าง นักเรียนมีแบบจำลองความคิดถูกต้องแต่ไม่สมบูรณ์เพราะไม่ได้กำหนดประเด็นที่เฉพาะเจาะจงลงไป ส่วนใหญ่ขาดเพียงการระบุว่าการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็นการแบ่งเซลล์ร่างกายและการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเป็นการแบ่งเซลล์ร่างกายเพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ แต่ในประเด็นอื่นสามารถเขียนเปรียบเทียบได้ถูกต้อง และแบบจำลองทางความคิดเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส มีแบบจำลองทางความคิดที่สมบูรณ์แต่ไม่ถูกต้องจำนวนมาก เนื่องจากมีรายละเอียดหลายส่วน เช่น จำนวนของโครโมโซม การครอสซิงโอเวอร์ เป็นต้น ซึ่งพบว่านักเรียนส่วนใหญ่วาดภาพ และเขียนจำนวนโครโมโซมไม่ถูกต้อง

จากการวิจัยที่เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ (action research) เมื่อมีการนำข้อมูลแต่ละแผนไปปรับปรุงในแผนถัดไป พบว่าปัญหาที่เกิดขึ้นมีน้อยลง แต่ยังพบว่า เวลาเป็นสิ่งที่สำคัญที่ต้องบริหารให้ดี เนื่องจากการศึกษา การแบ่งเซลล์ จากกล้องจุลทรรศน์ และข้อมูลเพิ่มเติม มีการใช้เวลามาก และการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียนเป็นสิ่งสำคัญ โดยเมื่อมีการใช้สถานการณ์จากชีวิตประจำวัน ประกอบกับการใช้คำถามปลายเปิดจะให้โอกาสนักเรียนได้คิดและอภิปรายตลอดเวลา เมื่อวิเคราะห์ เราจะพบสาเหตุของความเข้าใจคลาดเคลื่อน ทำให้ครูสามารถออกแบบการสอนเพื่อ

ปรับเปลี่ยนแนวคิดได้อย่างเหมาะสม สำหรับการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนได้ฝึกวาดภาพแบบจำลอง เป็นการแสดงออกของแบบจำลอง จากแบบจำลองทางความคิดที่นักเรียนมี ทำให้เห็นภาพชัดเจนขึ้น เพิ่มความเข้าใจมากขึ้น และเป็นการใช้จินตนาการ แต่ครูควรกระตุ้นด้วยคำพูดเพื่อส่งเสริมให้นักเรียน วาดตามความคิดและจินตนาการของตนเองด้วย และการให้นักเรียนได้ทำงานเป็นกลุ่มเพื่อวิเคราะห์ เปรียบเทียบ อภิปรายความถูกต้องและความคลาดเคลื่อนของแบบจำลองของตนเองและแบบจำลอง ของคนอื่น ๆ โดยมีครูผู้สอนคอยกระตุ้นด้วยคำถาม จำช่วยให้นักเรียนมองเห็นถึงจุดที่ถูกต้องและ คลาดเคลื่อนที่จะนำไปใช้ในการปรับปรุงแบบจำลองในขั้นต่อไปได้ดีขึ้น รวมทั้งต้องมีการใช้สื่อที่มี ความหลากหลายและมีรายละเอียดชัดเจน เช่น ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ ภาพเคลื่อนไหว เป็นต้น เพื่อระบุส่วนของแบบจำลองที่นำไปใช้อธิบายได้ และส่วนที่ใช้อธิบายไม่ได้ดียิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป

ในการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน เรื่อง การแบ่งเซลล์ สามารถพัฒนาแบบจำลอง ทางความคิดของนักเรียนได้ แต่จากการศึกษาพบว่า มีข้อจำกัดในเรื่องของเวลาในการสร้าง แบบจำลอง และการวาดภาพแบบจำลอง ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปผู้วิจัยขอเสนอแนะดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน ควรให้นักเรียนสร้างแบบจำลองรูปแบบอื่นๆ จากความสนใจและทักษะที่เหมาะสมเฉพาะบุคคล เช่น ภาพวาด ดินน้ำมัน เชือก ซึ่งจะทำให้นักเรียน มีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับแบบจำลองที่มีความหลากหลายมากขึ้น และเห็นกระบวนการ ทำงานได้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น และจะช่วยให้ใช้ระยะเวลาลดน้อยลงเนื่องจากนักเรียนได้เลือกสร้าง แบบจำลองตามความถนัดของแต่ละบุคคล

2. การจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน ควรศึกษาควบคู่กับการสร้างแบบจำลองของ นักวิทยาศาสตร์ในเรื่องนั้น ๆ ด้วย เพื่อให้นักเรียนวิเคราะห์การทำงานในและขั้นตอนของตนเองว่ามี ความสอดคล้องกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ที่สร้างแบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ในประเด็นใด

3. การจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่อง การแบ่งเซลล์ มีความสอดคล้องกับการ สร้างเซลล์สืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต ซึ่งเป็นพื้นฐานของพันธุศาสตร์ เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทาง พันธุกรรม ควรมีการศึกษาและพัฒนาแบบจำลองทางความคิดของนักเรียนในเรื่องดังกล่าวด้วย

4. การจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่อง การแบ่งเซลล์ ในขั้นการปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง ควรมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นสื่อประเภทแอนิเมชัน ประกอบเพื่อให้นักเรียนเพิ่มเติมรายละเอียดที่ความซับซ้อนและทำให้แบบจำลองมีความสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ข้อเสนอแนะสำหรับการทำวิจัยครั้งต่อไป

1. ขั้นการปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองในการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่อง การแบ่งเซลล์ ที่ใช้ข้อมูลเพิ่มเติมเป็นสื่อประเภทแอนิเมชัน จะช่วยแก้ไขแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์ ในส่วนที่มีความคลาดเคลื่อนให้มีความถูกต้องได้

2. ภาพวาดแบบจำลองที่นักวิทยาศาสตร์ผู้ค้นพบการแบ่งเซลล์ ที่ใช้ในขั้นการปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองในการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐานเรื่อง การแบ่งเซลล์ จะช่วยแก้ไขแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ ในส่วนที่มีความคลาดเคลื่อนให้มีความถูกต้องได้

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

กฤษณา โภคพันธ์. 2554. การพัฒนาแนวคิดเรื่องดาราศาสตร์และอวกาศ และเจตคติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สำนักงานคณะกรรมการวิจัยแห่งชาติ (วช.). 2556. มาตรฐานการวิจัยในคน.(Online).
www.nrct.go.th, 14 กรกฎาคม 2557.

จิตติมา ตมหอม. 2553. ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ต่อการพัฒนาแนวคิดและเจตคติต่อการเรียน เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ชัยยนต์ ศรีเชียงใหม่. การพัฒนาแนวคิดเรื่องสมดุลเคมีและเจตคติต่อวิชาเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณัฏฐฤดี เกื้อทาน, ชาตรี ฝ่ายคำตา, และ สุจิตต์ สงวนเรือง. 2554. “แบบจำลองความคิดเรื่องพันธะเคมีของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.” วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ 17 (2): 299-314.

ถวัลย์ จันทะรัง. 2545. แนวความคิดเลือกเกี่ยวกับโมดิชีวิตวิทยา : เซลล์ การแบ่งเซลล์ และการเคลื่อนที่ของสารผ่านเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในโรงเรียนที่มีความพร้อมในการสอนชีววิทยาต่างกัน. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

พรณวิไล ขมขิด. 2552. “การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้แบบจำลอง.” นิตยสาร สสวท. 38 (163): 33-34.

พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ. 2553. “โมเดลการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้.” วารสาร
วิทยาศาสตร์ สมาคมวิทยาศาสตร์แห่งประเทศไทย 64 (3): 75–82.

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. 2544. การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: แนวคิด วิธีและเทคนิค
การสอน 2. กรุงเทพมหานคร: บริษัทเดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์ จำกัด.

วาสนา ประवालพุกษ์. 2538. **นักวางแผนวิจัยปฏิบัติการ**. กรุงเทพฯ: กรมวิชาการ
กระทรวงศึกษาธิการ. แปลจาก S. Kemmis & R. McTaggart. (eds.). 1998. **The
Action Research Planner**. Australia: Deakin University.

ศศิเทพ ปิติพรเทพิน, สุธเดช ศรีธา, กฤษณา โภคพันธ์, และ กฤษณา ชินสิญจน์. 2555. “การ
ส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแบ่งเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
โดยการสร้างภาพเคลื่อนไหว.” วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และ
มนุษยศาสตร์ 2 (1): 115-130.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2551. **หนังสือเรียน รายวิชาพื้นฐานชีววิทยา
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6**. กรุงเทพมหานคร: สกสศ.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2551. **หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติมชีววิทยา
เล่ม 1 – เล่ม 5 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 – 6**. กรุงเทพมหานคร: สกสศ.

สุทธิจักร ศรีถนอมรัก. 2548. **แนวคิดเกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา
ปีที่ 6 ในเขตทุ่งเพียงของ แขวงเวียงจันทน์ ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชน
ลาว**. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุทธิดา จำรัส. 2549. **แบบจำลองและการสร้างแบบจำลองในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์**
(Online). <http://chamrat.com/ModelandModelingTeaching.aspx>, 3 พฤษภาคม
2555.

สุรางค์ ไคว์ตระกูล. 2552. **จิตวิทยาการศึกษา**. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์
มหาวิทยาลัย.

สุวรรณา คุณทัน. 2550. **การพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาเรื่องการแบ่งเซลล์โดยใช้ชุดการสอนแบบสื่อประสม.** วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี.

อุษา นาคทอง, อีราพร อนันตะเศรษฐกุล, และนฤมล ยุตาคม. 2550. “แนวคิดเรื่องเซลล์ และกระบวนการของเซลล์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.” **วารสารวิทยาศาสตร์ เกษตรศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์** 28: 1-10.

ฮามิต๊ะ มุสอ. 2555. **การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง กรด – เบส ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ด้วยกิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้แบบจำลองเป็นฐาน.** วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

Beveridge, W. I. B. 1979. **The Art of Scientific Investigation.** London: Great Britain by Cox.

Buckley, B. C. *et al.* 2004. “Model-based teaching and learning with BioLogica: What do they learn? How do they learn? How do we know?.” **Journal of Science Education and Technology** 13 (1): 23-41.

Chi, M. T. H. and R. D. Roscoe. 2002. “The process and challenges of conceptual change.” **Reconsidering conceptual change : Issues in theory and Practice.** Netherlands: Kluwer Academic Publishers: 3-27.

Coll, R. K. 1999. **Learners’ mental models of chemical bonding.** Thesis of Doctor Degree: Curtin University of Technology.

Dikmenli, M. 2010. “Misconceptions of cell division held by student teachers in biology: A drawing analysis.” **Scientific Research and Essay** 5 (2): 235-247.

Gilbert, J. K. 2005. **Visualization in science education.** Netherlands: Springer.

- Gilbert, J. K., C. J. Boulter, and R. Elmer. 2000. "Positioning models in science education and in design and technology education." **Developing Model in Science Education**. Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Gobert, J.D. and B. C. Buckley. 2000. "Introduction to model-based teaching and learning in science education." **International Journal of Science Education** 22 (9): 891-894.
- GÜNE, M. H. and D. ÇELĐKLER. 2010. "The Investigation of Effects of Modelling and Computer Assisted Instruction on Academic Achievement." **The International Journal of Educational Researchers** 2 (3): 22-28.
- Halloun, I. A. 2006. **Modeling Theory in Science Education**. Netherlands: Springer.
- Justi, R. S. and J. K. Gilbert. 2002. "Modelling, teachers' views on the nature of modeling, and implications for the education of modelers" **International Journal of Science Education** 24 (4): 369-387.
- Kiboss, J. K. *et al.* 2004. "Effectiveness of a Computer-Mediated Simulations Program in School Biology on Pupils' Learning Outcomes in Cell Theory." **Journal of Science Education and Technology** 13 (2): 207-213.
- Lawson, A. E. 2000. A learning cycle approach to introducing osmosis. **The American Biology Teacher**. 58 (1): 38-42.
- Layman, J. C. 1996. **Inquiry and Learning: Realizing Science Standards in the Classroom**. New York: The College Board.
- Mertans, T. R. and J. O. Walker 1992. "A paper and pencil strategy for teaching mitosis and meiosis, diagnosing learning problems and predicting examination performance." **The American Biology Teacher** 54 : 470-474.

- Tapon, N. *et al.* 2001. "The coupling of cell growth to the cell cycle." **Current Opinion in Cell Biology** 13 : 731–737.
- Treagust, D. F. *et al.* 2002. "Students' understanding of the role of scientific models in learning science." **International Journal of Science Education** 24 (4): 357-368.
- Vanderwolf, C. H. *et al.* 2005. **TEACHING SCIENCE IN THE 21ST CENTURY**. A report prepared for the Society for Quality Education. May 2005. Ontario: SQE.
- Vosgerau, G. 2006. **The Perceptual Nature of Mental Models**. In Carsten Held, Markus Knauff & Gottfried Vosgerau (eds.), *Mental Models and the Mind*: Elsevier.
- Vosniadou, S. 1994. Capturing and modeling the process of conceptual change. **Learning and Instruction**. 4: 45-69.
- Williams, M. 2012. "Exploring Middle School Students' Conceptions of the Relationship Between Genetic Inheritance and Cell Division." **Science Education** 96 (1): 78- 103.
- Williams S. 2007. **Classroom Based Research Project**. Leadership for Middle Level Science. April 21, 2007. University of Pennsylvania.





ภาคผนวก ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. ผศ.ดร. ชาทรี ฝ้ายคำตา

อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

2. อาจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน

อาจารย์ประจำภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

3. รศ.ดร.สมศักดิ์ อภิสิทธิ์วานิช

อาจารย์ประจำภาควิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

4. นางเพ็ชรี ประสารบุญ

ครูชำนาญการพิเศษ จากโรงเรียนมัธยมศึกษา สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา
มัธยมศึกษาเขต 7 ภาคตะวันออก



ภาคผนวก ข
แบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์



แบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4¹

คำชี้แจง

1. แบบวัดแนวคิดชุดนี้ เป็นแบบอัตนัย จำนวน 12 ข้อ ประกอบด้วยเนื้อหาหลัก 6 เรื่อง ดังนี้
 - 1) ส่วนประกอบของเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ 3 ข้อ
 - 2) ความสัมพันธ์ของ DNA โครมาตินและโครโมโซม 1 ข้อ
 - 3) การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส 4 ข้อ
 - 4) การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส 4 ข้อ
 - 5) ความแตกต่างของการแบ่งเซลล์พืชและการแบ่งเซลล์สัตว์ 1 ข้อ
 - 6) ความแตกต่างของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส 1 ข้อ
2. คำตอบของนักเรียนไม่มีผลต่อคะแนนในชั้นเรียน แต่จะเป็นประโยชน์ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้รายวิชาชีววิทยา เรื่อง การแบ่งเซลล์
3. แบบวัดนี้ให้เวลาในการตอบ 2 ชั่วโมง

¹ เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ให้ใช้เพื่อประโยชน์ทางการศึกษา หากต้องการใช้ในการวิจัย ให้ขออนุญาตผู้วิจัยเป็นลายลักษณ์ และอ้างอิงตามหลักวิชาการด้วย

ชื่อ.....นามสกุล..... ชั้น ม.4 / เลขที่.....

แบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์

ข้อ 1 เยื่อหุ้มเซลล์เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์หรือไม่ อย่างไร

.....

.....

ข้อ 2 เส้นใยสปินเดิลคืออะไร มีหน้าที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์หรือไม่อย่างไร

.....

.....

ข้อ 3 นิวเคลียสมีองค์ประกอบสำคัญอะไรบ้างที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ และองค์ประกอบแต่ละส่วนนั้นมีลักษณะอย่างไร

.....

.....

ข้อ 4 DNA โครมาติน และโครโมโซม มีความสัมพันธ์กันอย่างไร

.....

.....

ข้อ 5 ตลอดชีวิตเซลล์ร่างกายทุกเซลล์ของสิ่งมีชีวิต มีการแบ่งเซลล์เป็นไปอย่างต่อเนื่องแบบวัฏจักรหรือไม่ เพราะเหตุใด (ยกตัวอย่างชนิดของเซลล์ร่างกายด้วย)

.....

.....

เมื่อมีการแบ่งเซลล์ เซลล์จะมีการเตรียมการก่อนการแบ่งเซลล์อย่างไรบ้าง

.....

.....

ข้อ 6 เซลล์ผิวหนังเซลล์แรกก่อนการแบ่งเซลล์ กับเซลล์ผิวหนังที่ได้จากการแบ่งเซลล์ โครโมโซมมีจำนวนเท่ากันหรือไม่เท่ากัน เพราะเหตุใด

.....

.....

ให้นักเรียนวาดภาพ เซลล์แรกก่อนการแบ่งเซลล์ ซึ่งมี 1 เซลล์ (โครโมโซม 2 ชุด โครโมโซม 4 แท่ง) และเซลล์ที่ได้จากการแบ่งเซลล์



ข้อ 7 ถ้าจะศึกษาการแบ่งเซลล์ของต้นกุยช่าย (ข้อ 7.1 – 7.4)

ข้อ 7.1 มีการแบ่งเซลล์กี่ชนิด อะไรบ้าง

.....

.....

ข้อ 7.2 ควรเลือกเซลล์ส่วนใดของต้นกุยช่ายมาศึกษาการแบ่งเซลล์แต่ละชนิด

.....

.....

ข้อ 7.3 การแบ่งเซลล์แต่ละชนิดมีกระบวนการอย่างไร

เรียงลำดับระยะการแบ่งเซลล์ ให้ถูกต้อง (เขียนลงในตาราง หน้า 2-3)

(เลือกจากระยะการแบ่งเซลล์ ดังนี้ metaphase I anaphase I metaphase telophase I
anaphase telophase II telophase prophase I anaphase II metaphase I
prophase prophase II interphase interphase)

ระบุเหตุการณ์สำคัญ จำนวนโครโมโซม พร้อมทั้งวาดภาพการแบ่งเซลล์แต่ละระยะ
(เขียนลงในตาราง หน้า 2-3)

กำหนดให้เซลล์แรกเริ่มมี โครโมโซม 2 ชุด (โครโมโซม 4 แท่ง)

หมายเหตุ : หากระยะใดมีไม่ครบช่องที่กำหนด ไม่ต้องเขียนให้ครบช่องก็ได้

1. การแบ่งเซลล์แบบ.....

ระยะการแบ่งเซลล์	เหตุการณ์สำคัญ	วาดภาพ	จำนวนโครโมโซม
.....			
.....			
.....			

ข้อ 7.3 (ต่อ)

ระยะเวลาแบ่งเซลล์	เหตุการณ์สำคัญ	วาดภาพ	จำนวนโครโมโซม
.....			
.....			
.....			
.....			
.....			
.....			

ข้อ 7.3 (ต่อ)

2. การแบ่งเซลล์แบบ.....

ระยะการแบ่งเซลล์	เหตุการณ์สำคัญ	วาดภาพ	จำนวนโครโมโซม
.....			
.....			
.....			
.....			
.....			
.....			

ข้อ 7.3 (ต่อ)

ระยะการแบ่งเซลล์	เหตุการณ์สำคัญ	วาดภาพ	จำนวนโครโมโซม
.....			
.....			
.....			

ข้อ 7.4 การแบ่งเซลล์แต่ละชนิด แตกต่างกันอย่างไบบ้าง (หากประเด็นไม่ครบช่องที่กำหนด ไม่ต้องเขียนให้ครบช่องก็ได้)

ประเด็น	การแบ่งเซลล์แบบ.....	การแบ่งเซลล์แบบ
.....		
.....		
.....		
.....		
.....		

ข้อ 8 ถ้าจะศึกษารูปร่างของโครโมโซมที่เห็นได้ชัดเจนที่สุด ควรศึกษาในระยะใด เพราะเหตุใด

.....
.....

ให้นักเรียนวาดภาพ เซลล์ในระยะนั้น

ข้อ 9 จากภาพ ความแปรผันทางพันธุกรรมที่เกิดขึ้นกับ Homologous chromosome จะเกิดในกระบวนการใด ในระยะใดของการแบ่งเซลล์ชนิดใด และเกิดในลักษณะใด

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

ให้นักเรียนวาดภาพประกอบ



ข้อ 10 จากข้อ 9 เซลล์ที่ได้ทั้งหมด หลังจากการแบ่งเซลล์ จะมีกี่เซลล์ และมีลักษณะเป็นอย่างไร

.....
.....

ให้นักเรียนวาดภาพประกอบ



ข้อ 11 ถ้ามีการแบ่งเซลล์แรกเริ่ม (ดังภาพ)

ข้อ 11.1 เซลล์ที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบ mitosis

มีจำนวน.....เซลล์ แต่ละเซลล์มีจำนวนโครโมโซม.....ชุด

ซึ่งเรียกว่าเป็นเซลล์แบบ..... (วาดภาพประกอบ)

ข้อ 11.2 เซลล์ที่ได้จากการแบ่งเซลล์แบบ meiosis

มีจำนวน.....เซลล์ แต่ละเซลล์มีจำนวนโครโมโซม.....ชุด

ซึ่งเรียกว่าเป็นเซลล์แบบ..... (วาดภาพประกอบ)

ข้อ 12 การแบ่งไซโทพลาซึมในการแบ่งเซลล์ของเซลล์รากหอมกับเซลล์ผิวหนังของคน แตกต่างกันอย่างไร (วาดภาพประกอบ)

เซลล์ของเซลล์รากหอม

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

เซลล์ผิวหนังของคน

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



ภาคผนวก ค
ตัวอย่าง แผนการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน



แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2²

รายวิชา ชีววิทยา (ว31242)

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

เวลา 4 คาบ (200 นาที)

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเอง และดูแลสิ่งมีชีวิต

มาตรฐาน ว 8.1 สร้างสมมติฐานที่มีทฤษฎีรองรับ หรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบ หรือสร้างแบบจำลอง หรือสร้างรูปแบบ เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ

ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูล วิเคราะห์ อภิปราย และอธิบายความสำคัญของการแบ่งเซลล์
2. สืบค้นข้อมูล ทำกิจกรรมเพื่อศึกษา อธิบาย และเปรียบเทียบการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส และแบบไมโอซิส

จุดประสงค์การเรียนรู้สู่ผลการเรียนรู้

1. อธิบายความสำคัญของการแบ่งเซลล์(K)
2. อธิบายวัฏจักรของเซลล์(K)
3. บอกความหมายของฮอโมโลกัสโครโมโซม เซลล์ดิพลอยด์ เซลล์แฮพลอยด์(K)
4. อธิบายการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส(K)
5. ทำกิจกรรมเพื่อศึกษาการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสในเซลล์พืช(P)
6. ทำกิจกรรมสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์ เพื่อใช้และประเมินแบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (P)
7. ประยุกต์ใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์เพื่ออธิบายหรือแก้ปัญหาเรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (K)
8. มีความสนใจใฝ่รู้ แสดงความคิดเห็น ยอมรับฟังความคิดเห็น มีความรับผิดชอบในการทำงาน (A)

² เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ให้ใช้เพื่อประโยชน์ทางการศึกษา หากต้องการใช้ในการวิจัย ให้ขออนุญาตผู้วิจัยเป็นลายลักษณ์ และอ้างอิงในแผนการจัดการเรียนรู้ (ภาคผนวก) และแผนการสอนระยะยาว (บทที่ 3) ด้วย

สาระสำคัญ

การแบ่งเซลล์ (cell division) มีความสำคัญต่อกระบวนการเจริญเติบโต โดยช่วยเพิ่มจำนวนเซลล์ และพื้นที่ผิวของเซลล์ให้เหมาะสมกับปริมาตร และมีความสำคัญต่อกระบวนการสร้างเซลล์สืบพันธุ์

ฮอมอโลกัสโครโมโซม (Homologous chromosome) คือ โครโมโซมที่มีรูปร่างลักษณะเหมือนกันและมียีนที่คู่กันลักษณะเดียวกันอยู่ในตำแหน่งตรงกัน พบในเซลล์ดิพลอยด์ หรือเซลล์ร่างกาย

เซลล์ดิพลอยด์ (diploid cell) คือ เซลล์ที่มีจำนวนโครโมโซม 2 ชุด ($2n$)

เซลล์แฮพลอยด์ (haploid cell) คือ เซลล์ที่มีจำนวนโครโมโซม 1 ชุด (n)

วัฏจักรของเซลล์ (cell cycle) คือ กระบวนการแบ่งเซลล์ที่เกิดขึ้นต่อเนื่องกัน ซึ่งจะพบเฉพาะการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ประกอบด้วยระยะอินเตอร์เฟส (interphase) และระยะที่มีการแบ่งแบบไมโทซิส (mitotic phase หรือ M phase)

ระยะอินเตอร์เฟส (interphase) เป็นระยะที่เซลล์เตรียมตัวก่อนการแบ่งนิวเคลียส และไซโทพลาซึม เซลล์ระยะนี้มีนิวเคลียสขนาดใหญ่ และเห็นนิวคลีโอลัสชัดเจนเมื่อย้อมสี ประกอบด้วย 3 ระยะ ดังนี้

1. ระยะก่อนสร้าง DNA (G1 phase) เป็นระยะที่มีการสังเคราะห์สารต่างๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสังเคราะห์ DNA
2. ระยะสร้าง DNA (S phase) เป็นระยะที่เซลล์มีการเติบโตและมีการสังเคราะห์ DNA
3. ระยะหลังสร้าง DNA (G2 phase) เป็นระยะที่เซลล์มีการสร้างสารสำหรับการแบ่งนิวเคลียส พร้อมทั้งจะแบ่งนิวเคลียส

การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (mitosis) คือ การแบ่งเซลล์ร่างกาย (somatic cell) เพื่อเพิ่มจำนวนเซลล์ในขณะที่มีการเจริญเติบโต ในร่างกายของคนและสัตว์ เซลล์บางชนิดมีการแบ่งตัวตลอดเวลา เพื่อทดแทนเซลล์ที่ตายไป เช่น เซลล์ไขกระดูก และเซลล์ผิวหนัง เป็นต้น เซลล์บางชนิดเมื่อได้รับปัจจัยกระตุ้นจากปัจจัยที่เหมาะสมจึงจะเกิดการแบ่งเซลล์ได้ต่อไปอีก เช่น เซลล์ตับ เซลล์ของต่อมต่างๆ และเซลล์ในอวัยวะทั่วไป เป็นต้น ในกรณีของเซลล์ประสาท เซลล์กล้ามเนื้อยึดกระดูก และกล้ามเนื้อหัวใจ ซึ่งมีพัฒนาจนมีรูปร่างและหน้าที่เป็นพิเศษแตกต่างจากเซลล์ทั่วไป จะไม่มีการแบ่งตัว สำหรับพืชส่วนที่ประกอบด้วยเนื้อเยื่อถาวรไม่มีการแบ่งเซลล์ แต่บริเวณปลายรากและปลายยอดมีการเจริญเติบโตตลอดเวลา ประกอบด้วยระยะ ดังนี้

1. ระยะโพรเฟส (prophase)

- เห็นนิวเคลียสชัดเจน และยังมีเยื่อหุ้มนิวเคลียสอยู่
- นิวคลีโอลัสสลายตัวไป
- โครมาทินมีการหดตัวโดยการบิดเกลียว โครโมโซมจึงสั้นลง และมีขนาดใหญ่ขึ้น

- มีการสร้างเส้นใยสปินเดิล(spindle fiber) จากบริเวณขั้วของเซลล์(เซลล์สัตว์จะมีเซนทริโอล)
- ขั้วของเซลล์ เริ่มเคลื่อนห่างจากกันตามความยาวของนิวเคลียสไปอยู่คนละด้าน โดยมีเส้นใยสปินเดิลโยงยึดระหว่างขั้วของเซลล์ ซึ่งในเซลล์สัตว์จะโยงยึดที่ เซนทริโอล
- เยื่อหุ้มนิวเคลียสสลายตัว

2. ระยะเมทาเฟส (metaphase)

- เส้นใยสปินเดิลเข้าไปจับกับโครโมโซมและทำให้เกิดการเคลื่อนที่ของโครโมโซม โดยเส้นใยสปินเดิลยึดติดกับโครโมโซมที่ ไคเนโทคอร์ (kinetochore) โครโมโซมมีการขดตัว จึงมีขนาดใหญ่ขึ้น และสั้นลงทำให้เคลื่อนที่ได้สะดวก การเคลื่อนที่ของโครโมโซมเกิดจากการดึงของเส้นใยสปินเดิล ซึ่งยึดกับเซนทริโอลที่เคลื่อนมาอยู่ตรงข้ามกันที่บริเวณขั้วเซลล์ทั้ง 2 ข้าง
- โครโมโซมเรียงอยู่ตรงกึ่งกลางของเซลล์ในแนวระนาบเดียวกัน เรียกว่า เมทาเฟสเพลท (metaphase plate)

3. ระยะแอนาเฟส (anaphase)

- โครมาทิดถูกดึงให้แยกจากกันไปทิศทางตรงกันข้ามโดยการขาดของเส้นใยสปินเดิล ซึ่งทำให้โครโมโซมแยกกันเป็น 2 กลุ่ม แต่ละกลุ่มจะถูกดึงไปสู่ขั้วของเซลล์ที่อยู่ตรงกันข้าม ในระยะนี้โครโมโซมที่เกิดขึ้นใหม่ (daughter chromosome) จึงมีโครมาทิดเพียง 1 เส้น

4. ระยะเทโลเฟส (telophase)

- โครโมโซมแต่ละชุดอยู่แต่ละขั้วจากระยะแอนาเฟสซึ่งหยุดการเคลื่อนที่
- มีการสังเคราะห์เยื่อหุ้มนิวเคลียส และนิวคลีโอลัส
- DNA จะคลายเกลียวออก ทำให้โครโมโซมยืดยาวออกเป็นเส้นใยโครมาทิน มีขนาดเล็กลง
- เป็นการแบ่งไซโทพลาซึม ซึ่งจะได้เซลล์ใหม่ 2 เซลล์

กิจกรรมการเรียนรู้

คาบที่ 1 (50 นาที)

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง (Model Formation)

1. ครูตรวจสอบแบบจำลองความคิดเดิม เรื่อง การแบ่งเซลล์ของหางลูกอ๊อด (ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1) โดยใช้คำถาม ดังต่อไปนี้

คำถาม : การแบ่งเซลล์ของหางลูกอ๊อด เป็นอย่างไร

แนวคำตอบ : การแบ่งเซลล์ของหางลูกอ๊อด เป็นการเพิ่มจำนวนเซลล์ ทำให้หางยาวขึ้น

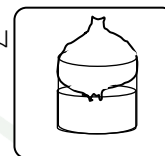
2. ครูตรวจสอบแบบจำลองพื้นฐาน เรื่อง ส่วนประกอบของเซลล์ที่ใช้ในการแบ่งเซลล์ (ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1) โดยใช้คำถาม ดังต่อไปนี้

คำถาม : ส่วนประกอบใดของเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ของหางลูกอ๊อด

แนวการตอบ : เยื่อหุ้มเซลล์ เซนทริโอล นิวเคลียส (เยื่อหุ้มนิวเคลียส โครโมโซม นิวคลีโอลัส

DNA)

3. ครูกระตุ้นโดยใช้คำถามในกิจกรรมที่ 2.1 เพื่อให้นักเรียนนำประสบการณ์จากแบบจำลองความคิดเดิม และแบบจำลองความคิดพื้นฐาน สร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับสถานการณ์จากปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยครูให้นักเรียนแต่ละคนในกลุ่ม สร้างแบบจำลองโดยให้วาดภาพและอธิบายแบบจำลองด้วยภาษาพูด ลงใน ใบกิจกรรมที่ 2.1 เรื่อง ปลายรากหอม



สถานการณ์ : นำหอมแดงหรือหอมใหญ่ที่มีรากยาวเล็กน้อย ไปแช่น้ำ เป็นระยะเวลา 2 – 3 วัน (นำของจริงมาให้นักเรียนสังเกต)

คำถาม : นักเรียนคิดว่า หอมแดงหรือหอมใหญ่ที่มีรากยาวเล็กน้อย เมื่อนำไปแช่น้ำ เป็นระยะเวลา 2 – 3 วัน จะเป็นอย่างไร (ให้วาดภาพประกอบด้วย)

แนวการตอบ : รากหอมจะยาวขึ้น

คำถาม : จากสถานการณ์ดังกล่าว ให้นักเรียนอธิบายว่า เซลล์ของปลายรากหอม 1 เซลล์ จะเป็นอย่างไร (ให้วาดภาพประกอบ โดยต้องมีรายละเอียดของโครโมโซมในเซลล์ด้วย)

แนวการตอบ : ขึ้นอยู่กับการสร้างแบบจำลองของนักเรียน

4. ครูให้นักเรียนแต่ละคนในกลุ่มแลกเปลี่ยนความคิดเห็น เกี่ยวกับแบบจำลองที่แต่ละคนสร้างขึ้น โดยใช้ประเด็นดังต่อไปนี้

4.1 สิ่งที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ดังกล่าวมีลักษณะอย่างไร

4.2 ภาพวาด (แบบจำลอง) ของแต่ละคนเป็นอย่างไร เพราะเหตุใด

4.3 แต่ละส่วนในภาพวาด (แบบจำลอง) แต่ละภาพ สมาชิกแต่ละคนเห็นด้วย หรือไม่เห็นด้วย เพราะเหตุใด

4.4 ภาพวาด (แบบจำลอง) แต่ละภาพ ส่วนใดที่อธิบายสถานการณ์ได้ละเอียด หรือไม่ละเอียด เพราะเหตุใด

6. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปข้อมูลที่ได้จากการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นกัน

5. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสรุปคำอธิบายของแบบจำลอง (ภาพวาด)

7. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทน วาดภาพแบบจำลองแต่ละแบบของสมาชิกภายในกลุ่ม(หากความคิดเห็นตรงกัน ให้วาดเพียงรูปแบบเดียว หากความคิดเห็นแตกต่างกัน ให้วาดรูปแบบทั้งหมด) แล้วนำเสนอแบบจำลองที่สร้างขึ้น

8. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปรูปแบบของแบบจำลองที่นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างขึ้น โดยสรุปเป็นประเด็นของส่วนที่เหมือนกันและส่วนที่ต่างกันของแบบจำลองแต่ละแบบ

9. ครูให้นักเรียนเขียนบันทึกการเรียนรู้ (ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง)

10. ครูให้นักเรียนศึกษาใบกิจกรรมที่ 2.2 เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (หน้า 1 – 2) และเตรียมเพาะรากหอมตามวิธีการในใบกิจกรรม (เพาะรากหอมก่อนคาบที่ 2 เป็นเวลา 3 วัน)

คาบที่ 2 – 3 (100 นาที)

ขั้นที่ 2 การใช้และประเมินแบบจำลอง (Use and evaluation) คาบที่ 2 (50 นาที)

1. ครูให้นักเรียนทำกิจกรรม ใน**ใบกิจกรรมที่ 2.2** เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสของปลายรากหอม โดยศึกษาจากกล้องจุลทรรศน์แบบใช้แสง และบันทึกข้อมูล (วาดภาพของเซลล์) อธิบายลักษณะสำคัญที่สังเกตได้ ลงในตารางบันทึกผลการศึกษาใน**ตอนที่ 1** ลักษณะโครงสร้างของเซลล์และนิวเคลียส
2. ครูให้นักเรียนดูภาพ การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (ภาพที่ 2.1 และภาพที่ 2.2) และภาพคลิปวิดีโอ ที่เป็นการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสอย่างต่อเนื่อง (คลิปวิดีโอที่ 2.1 และ 2.2) จากกล้องจุลทรรศน์ อิเล็กทรอนิกส์ และเรียงลำดับภาพลงใน**ตอนที่ 2** ลำดับการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์
3. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทน**นำเสนอแบบจำลองที่สร้างขึ้น (ในขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง) มาอธิบายปรากฏการณ์ที่ศึกษา** จากข้อมูลที่บันทึกในตอนที่ 1 และการเรียงลำดับภาพในตอนที่ 2
4. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม**ประเมินแบบจำลอง** เกี่ยวกับข้อจำกัด แนวทางปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง โดยใช้คำถามในใบกิจกรรมที่ 2.2 ดังต่อไปนี้

คำถาม : แบบจำลอง (ภาพวาด) ของสมาชิกแต่ละคนในกลุ่มที่สร้างขึ้นมีส่วนใดที่แสดงถึงสิ่งที่เกิดขึ้นในสถานการณ์นี้

คำถาม : แบบจำลอง (ภาพวาด) ของสมาชิกแต่ละคนในกลุ่มที่สร้างขึ้น สามารถอธิบายสถานการณ์ดังกล่าวได้ละเอียด มากน้อยเพียงใด (หากไม่ละเอียดหรืออธิบายได้น้อย คิดว่าเป็นเพราะเหตุใด)

คำถาม : แบบจำลอง (ภาพวาด) ของสมาชิกแต่ละคนในกลุ่มที่สร้างขึ้นนั้น มีข้อจำกัดอะไรบ้าง

คำถาม : ข้อจำกัดของแบบจำลอง (ภาพวาด) ของสมาชิกแต่ละคนในกลุ่มที่สร้างขึ้นนั้น ควรปรับปรุง และแก้ไขส่วนใดบ้าง

5. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มส่งตัวแทนนำเสนอผลการอภิปราย และให้นักเรียนทุกคนในห้องร่วมกัน แสดงความคิดเห็น

ขั้นที่ 3 การปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง (Model revision) คาบที่ 3 (50 นาที)

1. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม**รวบรวมข้อมูลเพิ่มเติม** ดังต่อไปนี้
 - ข้อแตกต่างของการแบ่งเซลล์พืช และการแบ่งเซลล์สัตว์ ใน**ตอนที่ 3** การแบ่งเซลล์พืชและการแบ่งเซลล์สัตว์
 - แบบจำลอง (ภาพวาด) ของโครโมโซม ใน**ตอนที่ 4** แบบจำลองของโครโมโซม
2. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม**นำข้อมูลเพิ่มเติม แนวทางปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองในขั้นที่ 2 มาใช้ในการปรับปรุงแบบจำลอง (ภาพวาด)** ลงใน**ตอนที่ 5** การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ของเซลล์พืช
3. ครูและนักเรียนร่วมกันสรุปแบบจำลองที่ถูกต้อง

4. ครูให้นักเรียนเขียนบันทึกการเรียนรู้ (ขั้นที่ 2 การใช้และประเมินแบบจำลอง และขั้นที่ 3 การปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง)
5. ครูให้นักเรียนประเมินจุดประสงค์การเรียนรู้ ด้านคุณลักษณะ/เจตคติ (A) ในแบบประเมินที่ 4 (จุดประสงค์ข้อที่ 9 มีความสนใจใฝ่รู้ แสดงความคิดเห็น ยอมรับฟังความคิดเห็น มีความรับผิดชอบในการทำงาน)

คาบที่ 4 (50 นาที)

ขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง (Model elaboration)

1. ครูถามคำถามนักเรียน ดังนี้

คำถาม : ถ้านักเรียนนำน้ำมาถูกผิวหนังของตนเอง จะเกิดอะไรขึ้น (ครูให้นักเรียนทดลองจริง)

แนวการตอบ : เกิดเป็นขี้ไคล

คำถาม : เซลล์ผิวหนังของนักเรียนเกิดขี้ไคลบ่อยหรือไม่

แนวการตอบ : บ่อย

คำถาม : แสดงว่าเซลล์ผิวหนังสามารถเกิดกระบวนการใดได้

แนวการตอบ : กระบวนการแบ่งเซลล์

คำถาม : สามารถเกิดกระบวนการแบ่งเซลล์ในช่วงใดของชีวิต

แนวการตอบ : ตลอดชีวิต

2. ครูให้นักเรียนสร้างแบบจำลองเพิ่มเติมเพื่อใช้อธิบายสถานการณ์อื่น ลงในตอนที่ 6 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ของเซลล์สัตว์

สถานการณ์ : เซลล์ผิวหนังสามารถผลิตเซลล์ผิวได้ กระบวนการที่เซลล์ผิวหนัง 1 เซลล์ สร้างเซลล์ผิวหนังใหม่ขึ้นมา จะมีกระบวนการอย่างไร และโครโมโซมจะเป็นอย่างไร

(ถ้ากำหนดให้มีโครโมโซมในเซลล์แรกเริ่มก่อนแบ่งเซลล์ เท่ากับ 6 โครโมโซม)

3. ครูถามคำถามต่อไปนี้

คำถาม : นักเรียนคิดว่า เซลล์ร่างกายของมนุษย์ (เซลล์สัตว์) เซลล์ใดสามารถแบ่งเซลล์ได้ตลอดชีวิต เหมือนกับเซลล์ผิวหนังบ้าง

แนวการตอบ : เซลล์ผม เซลล์เยื่อบุกระเพาะอาหาร

คำถาม : และเซลล์ร่างกายของมนุษย์ เซลล์ใดที่ไม่สามารถแบ่งเซลล์ได้ตลอดชีวิตเหมือนกับเซลล์ผิวหนังบ้าง

แนวการตอบ : เซลล์สมอง เซลล์กล้ามเนื้อหัวใจ เซลล์ไขกระดูก เซลล์ประสาท

4. ครูให้นักเรียนดูคลิปวิดีโอที่ 2.3 ข่าว มะเร็งเซลล์ประสาท คร่าชีวิตน้องน้ำหนึ่ง รายการเจาะข่าวเด่น ซึ่งเป็น การเจริญเติบโตของเซลล์มะเร็งประสาทและถามคำถามต่อไปนี้

คำถาม : เกิดอะไรขึ้นกับน้องน้ำหนึ่ง (ให้นักเรียนอธิบายเชื่อมโยงกับเรื่อง การแบ่งเซลล์)

แนวการตอบ : เซลล์ประสาท มีการแบ่งตัวอย่างรวดเร็ว

คำถาม : เซลล์ประสาทเป็นเซลล์ที่แบ่งเซลล์ได้ตลอดชีวิตหรือไม่

แนวการตอบ : ไม่สามารถแบ่งเซลล์ได้ตลอดชีวิต

คำถาม : เพราะเหตุใดเซลล์ประสาทในร่างกายนองน้ำหนึ่งถึงแบ่งตัวอย่างรวดเร็วได้

แนวการตอบ : มีเซลล์(ต้นกำเนิด)ที่จะสร้างเป็นเซลล์ประสาทหลงเหลืออยู่ในร่างกาย ซึ่งปกติเซลล์ชนิดนี้จะพัฒนาไปเป็นเซลล์ประสาทตั้งแต่เป็นทารกแล้ว แต่เซลล์ที่หลงเหลือนั้นเกิดกระบวนการสร้างเป็นเซลล์ประสาทและแบ่งเซลล์ เพิ่มจำนวนมากขึ้นในวัยผู้ใหญ่

5. ครูให้นักเรียนแต่ละคนตอบคำถามท้ายกิจกรรม

6. ครูให้นักเรียนเขียน**บันทึกการเรียนรู้** การจัดการเรียนรู้ เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ 4 ขั้นตอน โดยมีประเด็นในการบันทึก คือ 1.ผลการจัดการเรียนรู้ 2.ปัญหาหรืออุปสรรค 3.แนวทางแก้ไขปัญหา 4.ข้อเสนอแนะ)

สื่อการจัดการเรียนรู้

- **เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล**

1. ใบกิจกรรมที่ 2.1 เรื่อง ปลายรากหอม
2. ใบกิจกรรมที่ 2.2 เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส
3. แผนภาพชุดที่ 2.1 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมในนิวเคลียส ระยะต่างๆ ของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสของเซลล์พืช
4. แผนภาพชุดที่ 2.2 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมในนิวเคลียส ระยะต่างๆ ของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสของเซลล์สัตว์
5. คลิปวิดีโอ ที่ 2.1 เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมในนิวเคลียส ระยะต่างๆ ของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (เซลล์พืช)
6. คลิปวิดีโอ ที่ 2.2 (1) เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมในนิวเคลียส ระยะต่างๆ ของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (เซลล์สัตว์)
7. คลิปวิดีโอ ที่ 2.2 (2) เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมในนิวเคลียส ระยะต่างๆ ของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (เซลล์สัตว์)
8. แบบประเมินที่ 1 จุดประสงค์การเรียนรู้ ด้านความรู้ (K) (จุดประสงค์ข้อที่ 1 ข้อที่ 2 ข้อที่ 3 ข้อที่ 4 ข้อที่ 7 และข้อที่ 8)

9. แบบประเมินที่ 2 จุดประสงค์การเรียนรู้ ด้านทักษะ/กระบวนการ (P) (จุดประสงค์ข้อที่ 5)

10. แบบประเมินที่ 3 จุดประสงค์การเรียนรู้ ด้านทักษะ/กระบวนการ (P) (จุดประสงค์ข้อที่ 6)

11. แบบประเมินที่ 4 จุดประสงค์การเรียนรู้ ด้านคุณลักษณะ/เจตคติ (A) (จุดประสงค์ข้อที่ 9)

- **เครื่องมือที่ใช้ศึกษาการจัดการเรียนรู้**

1. บันทึกหลังสอน
2. อนุทิน (บันทึกการเรียนรู้)

การวัดผลและประเมินผลการเรียนรู้

● จุดประสงค์การเรียนรู้ ด้านความรู้ (K)

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัดและประเมิน	เกณฑ์การวัดและประเมิน
1. อธิบายความสำคัญของการแบ่งเซลล์	1. ครูตรวจสอบจากใบกิจกรรมที่ 2.1 (คำถามท้ายกิจกรรม ข้อที่ 1)	1. ใบกิจกรรมที่ 2.2 (คำถามท้ายกิจกรรมข้อที่ 1) 2. แบบประเมินที่ 1	1. เกณฑ์การวัดใช้ค่าคะแนนเป็นตัวเลข 2. การประเมิน
2. อธิบายวัฏจักรของเซลล์	1. ครูตรวจสอบจากใบกิจกรรมที่ 2.1 (คำถามท้ายกิจกรรม ข้อที่ 1)	1. ใบกิจกรรมที่ 2.2 (คำถามท้ายกิจกรรมข้อที่ 2) 2. แบบประเมินที่ 1	ใช้ระดับคะแนนเป็นระดับดีมาก ดี พอใช้ และปรับปรุง
3. บอกความหมายของฮอโมโลกัสโครโมโซม เซลล์ดิพลอยด์ เซลล์แฮพลอยด์	1. ครูตรวจสอบจากใบกิจกรรมที่ 2.1 (คำถามท้ายกิจกรรม ข้อที่ 3)	1. ใบกิจกรรมที่ 2.2 (คำถามท้ายกิจกรรมข้อที่ 3) 2. แบบประเมินที่ 1	(คะแนนที่ผ่านเกณฑ์ คือ 30 จาก 40 คิดเป็น 75%)
4. อธิบายการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	1. ครูตรวจสอบจากใบกิจกรรมที่ 2.1 (ตอนที่ 6)	1. ใบกิจกรรมที่ 2.2 (ตอนที่ 6) 2. แบบประเมินที่ 1	
7. ประยุกต์ใช้แบบจำลองทางวิทยาศาสตร์ เพื่ออธิบายหรือแก้ปัญหาเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	1. ครูตรวจสอบจากใบกิจกรรมที่ 2.1 (คำถามท้ายกิจกรรม ข้อที่ 4)	1. ใบกิจกรรมที่ 2.2 (คำถามท้ายกิจกรรมข้อที่ 4) 2. แบบประเมินที่ 1	

● จุดประสงค์การเรียนรู้ ด้านทักษะ/กระบวนการ (P)

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัดและประเมิน	เกณฑ์การวัดและประเมิน
5. ทำกิจกรรมเพื่อศึกษาการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสในเซลล์พืช	1. ครูสังเกตจากการทำกิจกรรม (ตอนที่ 1 – 4) 2. ครูตรวจสอบจากใบกิจกรรมที่ 2.1 (ตอนที่ 1 – 4)	1. แบบประเมินที่ 2 2. ใบกิจกรรมที่ 2.2 (ตอนที่ 1 – 4)	1. เกณฑ์การวัด ใช้ค่าคะแนนเป็นตัวเลข 2. การประเมิน ใช้ระดับคะแนน เป็นระดับดีมาก ดี พอใช้ และปรับปรุง (คะแนนที่ผ่านเกณฑ์ คือ 11 จาก 15 คิดเป็น 75%)
6. ทำกิจกรรมสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์เพื่อใช้และประเมินแบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	1. ครูสังเกตจากการทำกิจกรรม (การประเมินแบบจำลอง) 2. ครูตรวจสอบจากแบบจำลองในใบกิจกรรม (การประเมินแบบจำลอง)	1. แบบประเมินที่ 3 2. ใบกิจกรรมที่ 2.2 (การประเมินแบบจำลอง)	1. เกณฑ์การวัด ใช้ค่าคะแนนเป็นตัวเลข 2. การประเมิน ใช้ระดับคะแนน เป็นระดับดีมาก ดี พอใช้ และปรับปรุง (คะแนนที่ผ่านเกณฑ์ คือ 11 จาก 15 คิดเป็น 75%)

● จุดประสงค์การเรียนรู้ ด้านคุณลักษณะ/เจตคติ (A)

จุดประสงค์การเรียนรู้	วิธีการวัด	เครื่องมือวัดและประเมิน	เกณฑ์การวัดและประเมิน
8. มีความสนใจใฝ่รู้ แสดงความคิดเห็น ยอมรับฟังความคิดเห็น มีความรับผิดชอบในการทำงาน	1. นักเรียนและครูสังเกตจากการทำกิจกรรม	1. แบบประเมินที่ 4	1. เกณฑ์การวัด ใช้ค่าคะแนนเป็นตัวเลข 2. การประเมิน ใช้ระดับคะแนน เป็นระดับดีมาก ดี พอใช้ และปรับปรุง (คะแนนที่ผ่านเกณฑ์ คือ 9 จาก 12 คิดเป็น 75%)

แนวการตอบ ใบกิจกรรมที่ 2.1

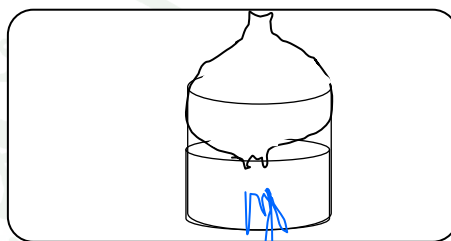
เรื่อง การแบ่งเซลล์ทางของลูกอ๊อด

● จุดประสงค์ของกิจกรรม

1. เพื่อให้นักเรียนนำประสบการณ์เดิมจากแบบจำลองพื้นฐาน สร้างแบบจำลองทางความคิดเกี่ยวกับสถานการณ์จากปรากฏการณ์ที่ศึกษา โดยวาดภาพและอธิบายแบบจำลองด้วยภาษาพูด

นักเรียนคิดว่า หอมแดงหรือหอมใหญ่ที่มีรากยาวเล็กน้อย เมื่อนำไปแช่น้ำ เป็นระยะเวลานาน 2 – 3 วัน จะเป็นอย่างไร (ให้วาดภาพประกอบด้วย)

รากของหอม จะยาวขึ้น



จากสถานการณ์ดังกล่าว ให้นักเรียนอธิบายว่า เซลล์รากหอม 1 เซลล์ จะเป็นอย่างไร

(ให้วาดภาพประกอบ โดยต้องมีรายละเอียดของโครโมโซมในเซลล์ด้วย)

ขึ้นอยู่กับ “การสร้างแบบจำลอง” ของนักเรียน

ขั้นที่ 1 : การสร้างแบบจำลอง



ใบกิจกรรมที่ 2.2

เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

- จุดประสงค์ของกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนสามารถ
 1. ทำกิจกรรมเพื่อศึกษาการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสในเซลล์พืช (เซลล์ของปลายรากหอม)
 2. สังเกต บันทึก และอธิบายโครงสร้างของเซลล์ การเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส
- วัสดุ อุปกรณ์
 1. ขวดปากกว้าง หรือบีกเกอร์ขนาด 50 cm³ มีน้ำบรรจุอยู่
 2. ใบมีดโกน
 3. ชุดตะเกียงแอลกอฮอล์
 4. กล้องจุลทรรศน์
 5. สไลด์ และกระจกปิดสไลด์
 6. หลอดหยด
 7. ไม้หนีบ
 8. ดินสอชนิดที่มียางลบ
 9. กระดาษเยื่อ
 10. น้ำกลั่น
 11. กรดไฮโดรคลอริก (HCl) เข้มข้น 1 mol/l
 12. หัวหอมแดง หรือหอมหัวใหญ่
 13. สีอะซิโทคาร์มิน (Acetocarmine) เข้มข้น 0.5%
- การเตรียมการล่วงหน้า

การเพาะรากหอม

วิธีที่ 1 นำหัวหอมเล็ก มีเปลือกสีแดงอมน้ำตาล ปาดจุกรากเก่าๆทิ้งด้วยใบมีดโกน และปักหัวหอมลงในกระบอกทรายหยาบลึกประมาณ 2/3 ส่วนของหัวหอม คอยรดน้ำอยู่เสมอ ทิ้งไว้ 3 วัน เมื่อรากยาวพอเหมาะ ประมาณ 1 เซนติเมตร ตัดปลายรากไปศึกษา

วิธีที่ 2 นำหอมหัวใหญ่ หรือหัวหอมเล็กใส่ไว้ในตู้เย็นช่องใส่ผักหรืออาหาร ประมาณ 3 – 4 วัน เมื่อรากยาวพอเหมาะ ประมาณ 1 เซนติเมตร ตัดปลายรากไปศึกษา

วิธีที่ 3 นำหอมหัวใหญ่ หรือหัวหอมเล็กวางบนปากขวดปากกว้าง หรือวางบนบีกเกอร์ที่มีน้ำอยู่จนรากงอกประมาณ 1 – 2 เซนติเมตร ตัดปลายรากไปศึกษา

วิธีการศึกษา

1. เพาะหอมแดง หรือหอมหัวใหญ่
2. ตัดปลายรากหอมยางประมาณ 0.5 เซนติเมตร นำมาวางบนสไลด์ แล้วหยดกรดไฮโดรคลอริกเข้มข้น 1 mol/l ให้ท่วม ผ่านสไลด์ไปมาบนเปลวไฟ 3 – 4 ครั้ง ระวังอย่าให้กรดไฮโดรคลอริกแห้ง แล้วล้างกรดไฮโดรคลอริกออกโดยหยดน้ำกลั่นลงบนสไลด์และเทออก 2 – 3 ครั้ง
3. ซับน้ำให้แห้งแล้วหยดสีอะซิโทคาร์มิน (acetocarmine) เข้มข้น 0.5% ผ่านสไลด์บนเปลวไฟ ระวังอย่าให้สีเดือดและแห้ง แล้วปิดด้วยกระจกปิดสไลด์
4. ใช้ดินสอด้านที่มียางลบติดอยู่เคาะเบาๆ บนกระจกปิดสไลด์ เพื่อให้เซลล์กระจายแล้วใช้กระดาษเยื่อ ซับบริเวณข้างๆ กระจกปิดสไลด์ให้แห้ง
5. ตรวจสอบเซลล์รากหอมที่อยู่บนสไลด์ด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยใช้เลนส์ใกล้วัตถุที่มีกำลังขยายต่ำสุด เลือกรวมบริเวณในสไลด์ที่เห็นนิวเคลียสลักษณะต่างๆ กัน แล้วจึงใช้เลนส์ใกล้วัตถุกำลังขยายสูงจนเห็นภาพชัดเจน สังเกตความแตกต่างของแต่ละเซลล์ และบันทึกผลการศึกษาในตอนต้นที่ 1
6. ตอนที่ 2 ศึกษาการเปลี่ยนแปลงของการแบ่งเซลล์พืชจากคลิปวิดีโอที่ 2.1 และการแบ่งเซลล์สัตว์จากคลิปวิดีโอที่ 2.2 และเรียงลำดับการเปลี่ยนแปลงลงในตาราง ตอนที่ 2
7. ตอนที่ 3 เปรียบเทียบการแบ่งเซลล์พืชและการแบ่งเซลล์สัตว์ลงในตาราง โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาในตอนต้นที่ 1 และ ตอนที่ 2
8. ตอนที่ 4 วาดภาพแบบจำลองของโครโมโซมลงในตาราง โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษาแผนภาพชุดที่ 2.1 – 2.2 และคลิปวิดีโอที่ 2.1 – 2.2
9. ตอนที่ 5 และ ตอนที่ 6 วาดภาพแบบจำลอง และอธิบายการเปลี่ยนแปลงแต่ละขั้นตอนของการแบ่งเซลล์พืชและการแบ่งเซลล์สัตว์ โดยใช้ข้อมูลที่ได้จากการศึกษา และการบันทึกข้อมูลในตอนต้นที่ 1 – ตอนที่ 4

● การบันทึกผลการศึกษา

ตอนที่ 1 ลักษณะโครงสร้างของเซลล์และนิวเคลียส

คำสั่ง ให้นักเรียนวาดภาพโครงสร้างของเซลล์และนิวเคลียส และเขียนคำอธิบายลักษณะ

ตารางที่ 1 ลักษณะโครงสร้างของเซลล์และนิวเคลียสจากการศึกษาตัวอย่างจริงจากกล้องจุลทรรศน์ และภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์

ลักษณะโครงสร้างของเซลล์และนิวเคลียส				
(ก) การศึกษาตัวอย่างจริงจากกล้องจุลทรรศน์		(ข) การศึกษาภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ แผนภาพชุดที่		
ภาพวาด	คำอธิบาย	ตัวอักษร ของภาพ	คำอธิบาย	
				
				
				
				
				

ตอนที่ 2 ลำดับการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์

คำสั่ง ให้นักเรียนเลือกใส่ตัวอักษร A B C D E F G H I J K L ลงในช่อง โดยใส่ช่องละ 1 ตัวอักษร

ตารางที่ 2.1 การเรียงลำดับการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์พืช

		การเรียงลำดับ ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ (ภาพชุดที่ 2.1)					
		1	2	3	4	5	6
1	ก่อนดิวคิลิปีดีโอ						
2	หลังดิวคิลิปีดีโอ						

ตารางที่ 2.2 การเรียงลำดับการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสในการแบ่งเซลล์สัตว์

		การเรียงลำดับ ภาพถ่ายจากกล้องจุลทรรศน์ (ภาพชุดที่ 2.2)					
		1	2	3	4	5	6
1	ก่อนดิวคิลิปีดีโอ						
2	หลังดิวคิลิปีดีโอ						

ขั้นที่ 2 : ใช้และประเมินแบบจำลอง

การประเมินแบบจำลอง

1. แบบจำลอง (ภาพวาด) ของสมาชิกแต่ละคนที่สร้างขึ้นมีส่วนใดที่แสดงถึงสิ่งที่เกิดขึ้นในสถานการณ์ดังกล่าว

.....

.....

2. แบบจำลอง (ภาพวาด) ของสมาชิกแต่ละคนที่สร้างขึ้นสามารถอธิบายสถานการณ์ดังกล่าวได้ละเอียด มากน้อยเพียงใด

.....

.....

หากไม่ละเอียดหรืออธิบายได้น้อย คิดว่าเป็นเพราะเหตุใด

.....

.....

3. แบบจำลอง (ภาพวาด) ของสมาชิกแต่ละคนที่สร้างขึ้นนั้น มีข้อจำกัดอะไรบ้าง

.....

.....

4. ข้อจำกัดของแบบจำลอง (ภาพวาด) ของสมาชิกแต่ละคนที่สร้างขึ้นนั้น ควรปรับปรุงส่วนใดบ้าง

.....

.....

ตอนที่ 3 การแบ่งเซลล์พืช และการแบ่งเซลล์สัตว์

คำสั่ง ให้นักเรียนเปรียบเทียบลักษณะและการเปลี่ยนแปลงต่างๆของการแบ่งเซลล์พืชและเซลล์สัตว์

ตารางที่ 3 ข้อแตกต่างของการแบ่งเซลล์พืชและการแบ่งเซลล์สัตว์

	หัวข้อ	เซลล์พืช	เซลล์สัตว์
			
			
			
			
			
			
			
			
			
			

ตอนที่ 4 แบบจำลองของโครโมโซม

คำสั่ง ให้นักเรียนวาดภาพโครโมโซม (ภาพ 2 มิติ)

ตารางที่ 4 แบบจำลอง (ภาพวาด 2 มิติ) ของโครโมโซม

	แบบจำลองที่	แบบจำลองที่	แบบจำลองที่	แบบจำลองที่	แบบจำลองที่
					
ภาพวาด (2 มิติ)					

ชั้นที่ 3 : ปรับปรุง และแก้ไขแบบจำลอง

ตอนที่ 5 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ของเซลล์พืช

คำสั่ง ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มใช้ข้อมูลที่ได้ศึกษาจากตอนที่ 1 – ตอนที่ 4 ข้อมูลเพิ่มเติม (ตอนที่ 4 – 5) และแนวทางปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลองในชั้นที่ 2 มาใช้ในการปรับปรุงแบบจำลอง (ภาพวาด) พร้อมทั้งเขียนคำอธิบายของแบบจำลอง

ภาพที่ 1

ภาพที่ 2

ภาพที่ 3

ภาพที่ 4



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาพที่ 8

ภาพที่ 7

ภาพที่ 6

ภาพที่ 5



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 : ขยายแบบจำลอง

ตอนที่ 6 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ของเซลล์สัตว์

คำสั่งให้นักเรียนวาดภาพ (2 มิติ) จากสถานการณ์ : เซลล์ผิวหนังสามารถผลิตเซลล์ผิวได้ กระบวนการที่เซลล์ผิวหนัง 1 เซลล์ สร้างเซลล์ผิวหนังใหม่ขึ้นมา จะมีกระบวนการอย่างไร และโครโมโซมจะเป็นอย่างไร (ถ้ากำหนดให้มีโครโมโซมในเซลล์แรกเริ่มก่อนแบ่งเซลล์ เท่ากับ 4 โครโมโซม) แสดงว่า มีโครโมโซมเป็น.... $n = \dots$

ภาพที่ 1

ภาพที่ 2

ภาพที่ 3

ภาพที่ 4



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ภาพที่ 8

ภาพที่ 7

ภาพที่ 6

ภาพที่ 5



.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

คำถามท้ายกิจกรรม

ข้อ 1 จิ้งจกที่โดนแมวตะปบหางจนทำให้หางหลุดออก หลังจากนั้นหางที่เหลืออยู่จะเป็นอย่างไร มีการใช้กระบวนการใด (ให้วาดภาพประกอบด้วย) และกระบวนการนั้นมีความสำคัญต่อสถานการณ์นี้อย่างไร

.....

.....

.....

ข้อ 2 เซลล์ผิวหนังสามารถสร้างเซลล์ผิวใหม่ได้ตั้งแต่เกิดจนตายหรือไม่ เพราะเหตุใด (ให้วาดภาพประกอบด้วย)

.....

.....

.....

ข้อ 3 เซลล์และโครโมโซมดังต่อไปนี้ มีลักษณะอย่างไร (ให้วาดภาพประกอบด้วย)

เซลล์ดิพลอยด์ (diploid cell)

เซลล์แฮพลอยด์ (haploid cell)

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ฮอมอโลกัสโครโมโซม (Homologous chromosome)

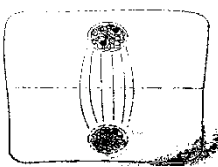
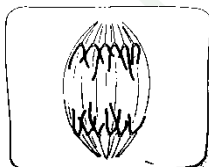
.....

.....

.....

พบในเซลล์ดิพลอยด์หรือเซลล์แฮพลอยด์.....

ข้อ 4 จากภาพเป็นเซลล์ของสิ่งมีชีวิตชนิดใด และทราบได้อย่างไรว่าเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดนั้น



.....

.....

.....

หมายเหตุ ใช้ตารางด้านล่างนี้ ตอบคำถามข้อ 4

ตารางแสดงจำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิต

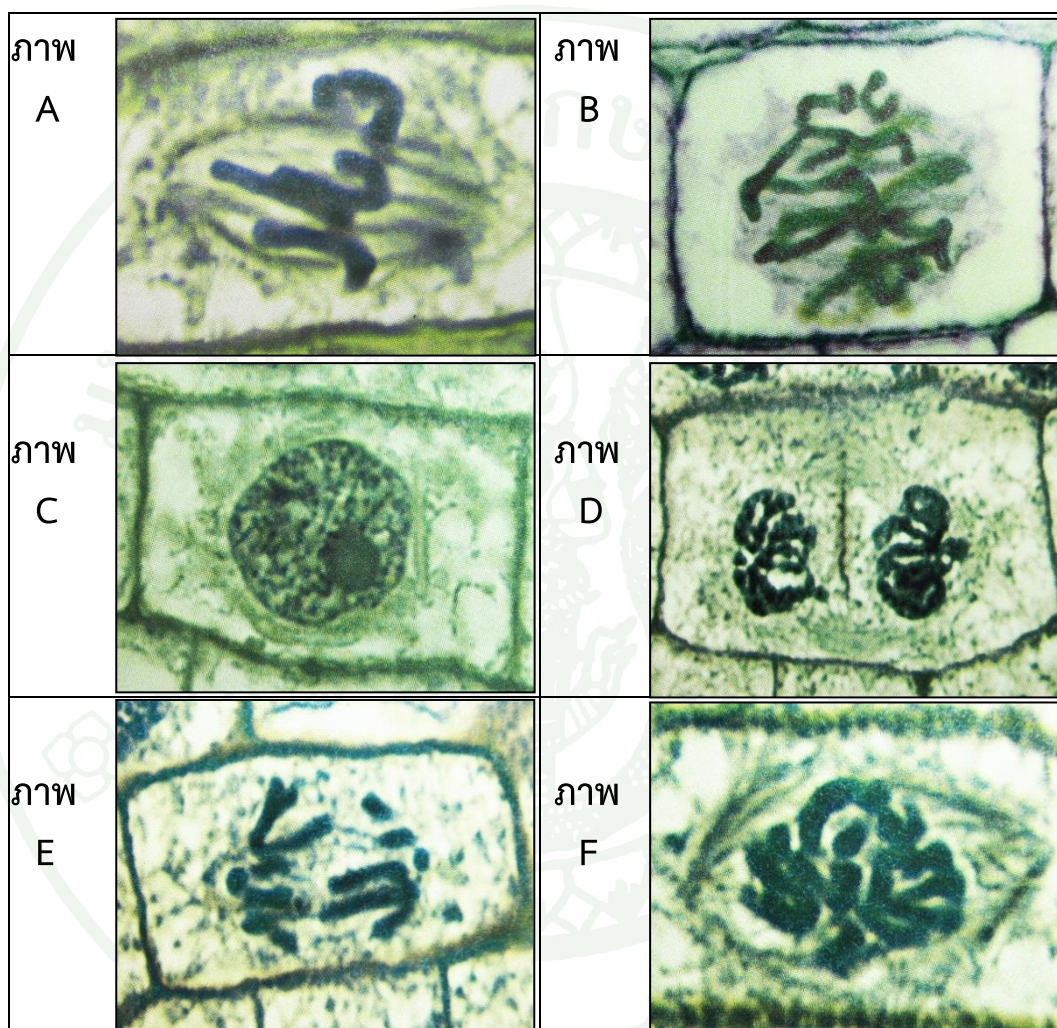
ชนิดสิ่งมีชีวิต	จำนวนโครโมโซม	ชนิดสิ่งมีชีวิต	จำนวนโครโมโซม
ว่านกาบหอย	12	กุยช่าย	4
กิ้งกือ	12	ยุงลาย	6
หอยทาก	4	ผักบุ้ง	6

จำนวนโครโมโซมเป็นเพียงการสมมติเพื่อใช้ในการตอบคำถามเท่านั้น

แผนภาพชุดที่ 2.1

เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมในนิวเคลียส ระยะต่างๆ
ของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสของเซลล์พืช

หมายเหตุ : ให้ตัดตามกรอบของภาพ และให้นักเรียนเรียงลำดับภาพ

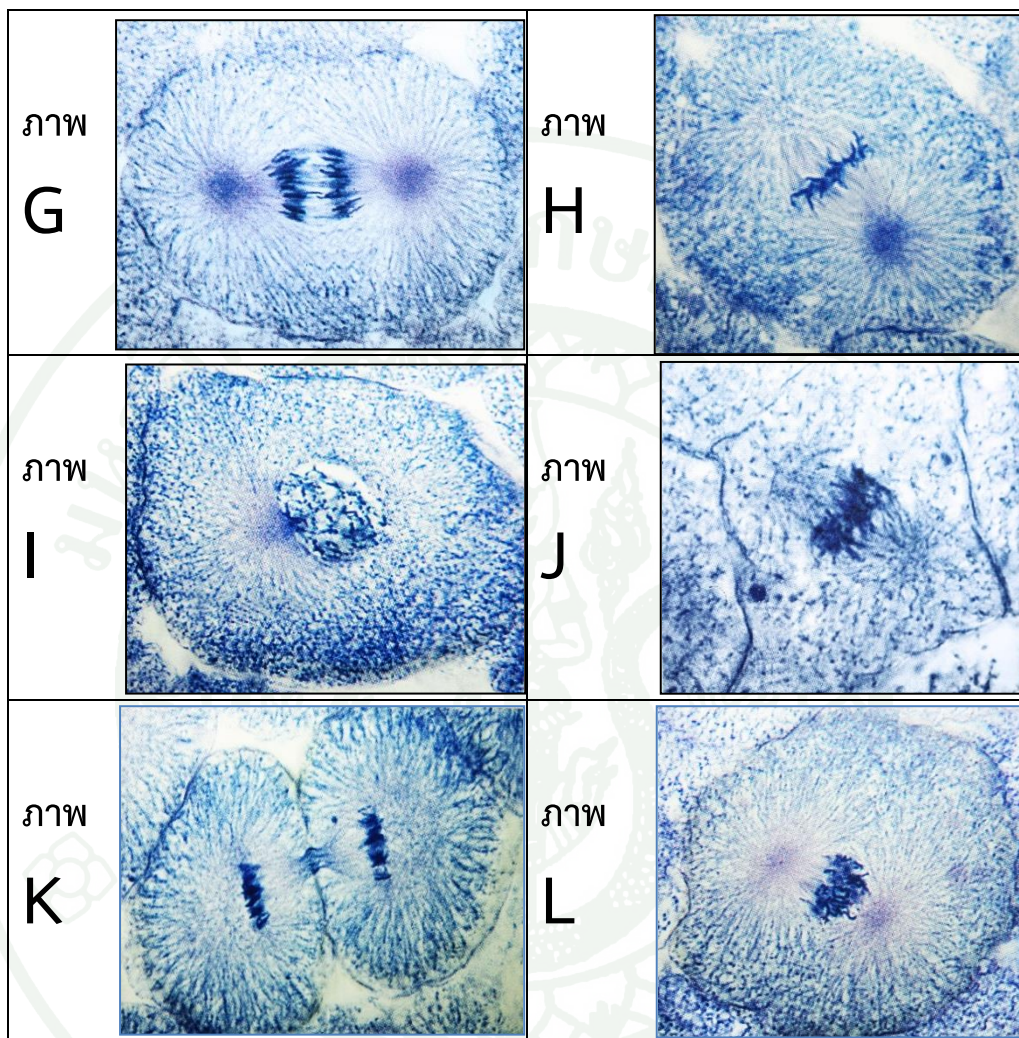


แหล่งอ้างอิง

Sylvia S. Mader. 2009. **Concepts of Biology**. New York: The McGraw-Hill Companies.

แผนภาพชุดที่ 2.2

เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมในนิวเคลียส ระยะต่างๆ



ของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสของเซลล์สัตว์

หมายเหตุ : ให้ตัดตามกรอบของภาพ และให้นักเรียนเรียงลำดับภาพ

แหล่งอ้างอิง

Sylvia S. Mader. 2009. **Concepts of Biology**. New York: The McGraw-Hill Companies.

คลิปวิดีโอ ที่ 2.1

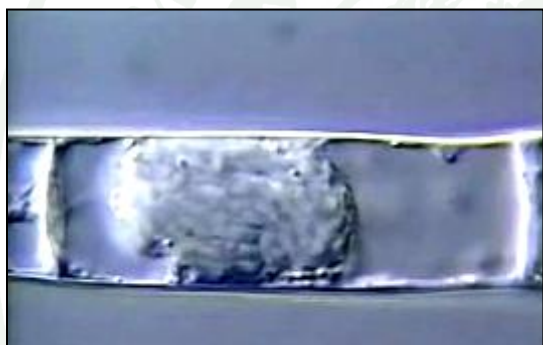
เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมในนิวเคลียส ระยะเวลา
ของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (เซลล์พืช)



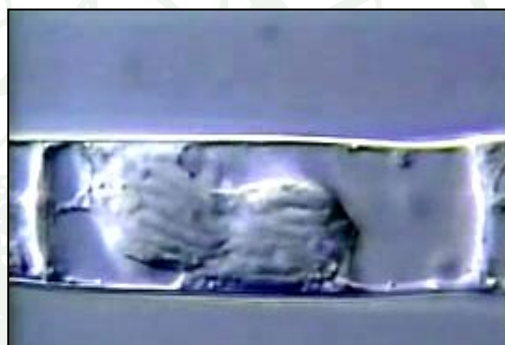
ภาพที่ 1 Prophase



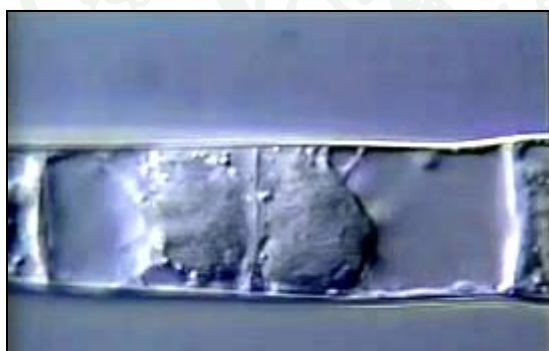
ภาพที่ 2 Metaphase



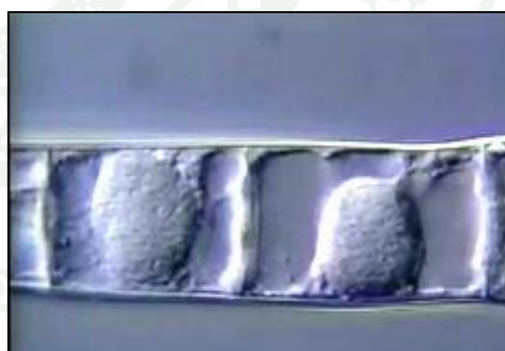
ภาพที่ 3 Anaphase



ภาพที่ 4 Telophase



ภาพที่ 5 Cytokinesis



ภาพที่ 6 Two daughter cell

แหล่งอ้างอิง

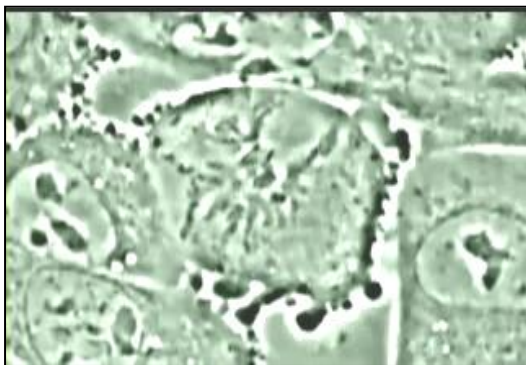
Bavajose. 2010. Non disjunction or non segregation in Mitosis (Online).

http://www.youtube.com/watch?v=7Y-pCgdfLeA&list=UUm0BbrquMqnKl9dQ_zYm4ag.

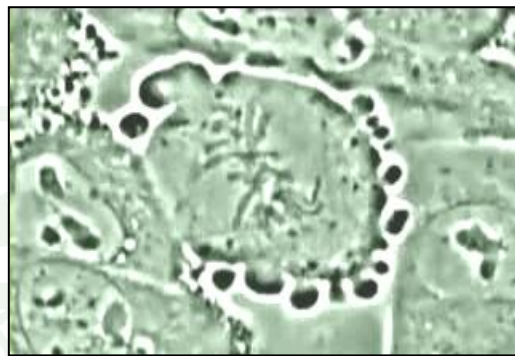
January 26, 2013.

คลิปวิดีโอ ที่ 2.2 (1)

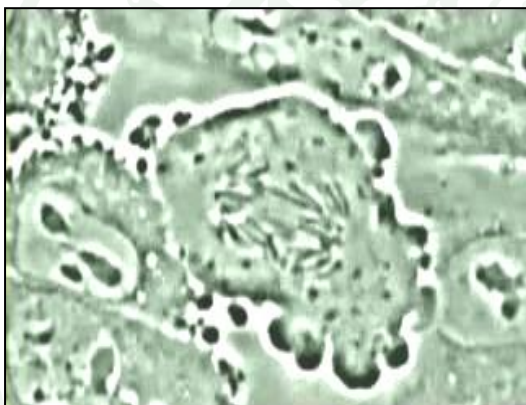
เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมในนิวเคลียส ระยะต่างๆ
ของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (เซลล์สัตว์)



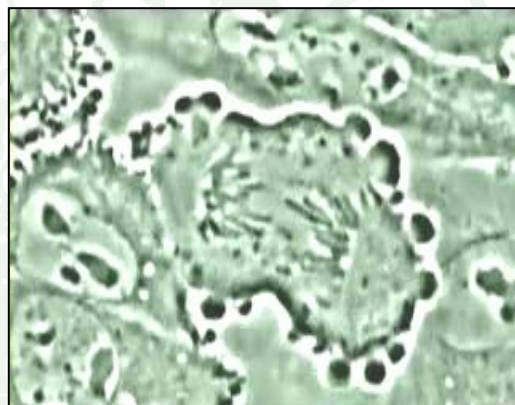
ภาพที่ 1 Prophase



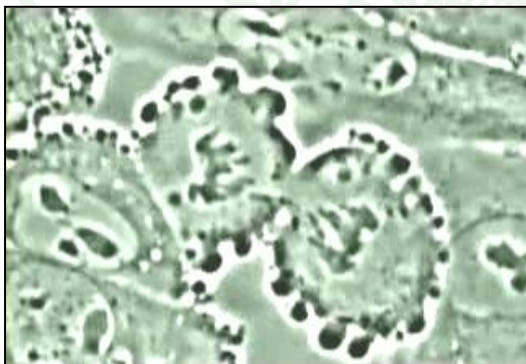
ภาพที่ 2 Metaphase



ภาพที่ 3 Anaphase



ภาพที่ 4 Telophase



ภาพที่ 5 Cytokinesis

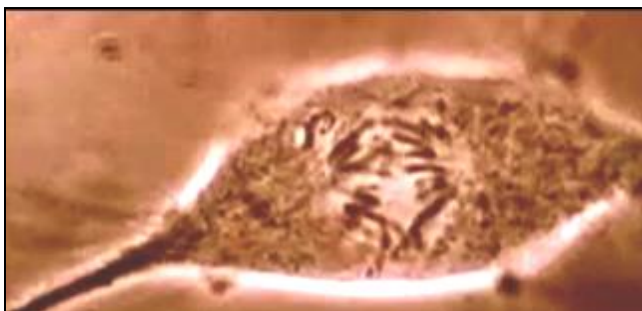
แหล่งอ้างอิง

Kosigrim. 2008. CHO Cells Dividing - Observing Mitosis, Rate My Science (Online).

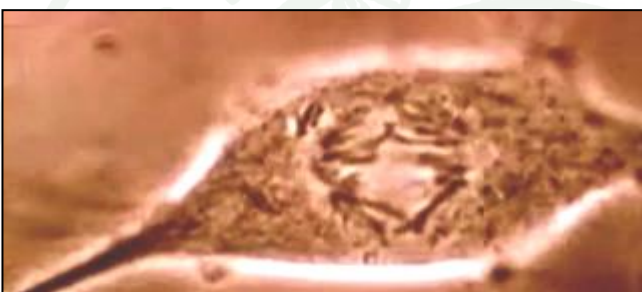
http://www.youtube.com/watch?v=NVfqzSKa_Bg, January 26, 2013.

คลิปวิดีโอ ที่ 2.2 (2)

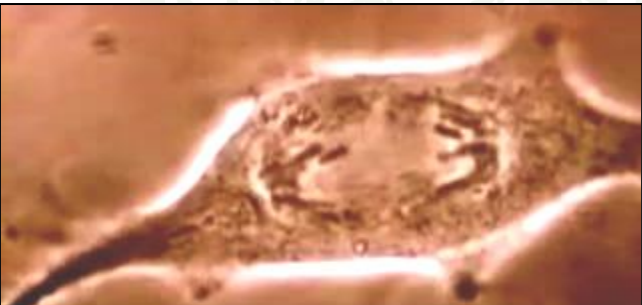
เรื่อง การเปลี่ยนแปลงของโครโมโซมในนิวเคลียส ระยะต่างๆ
ของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (เซลล์สัตว์)



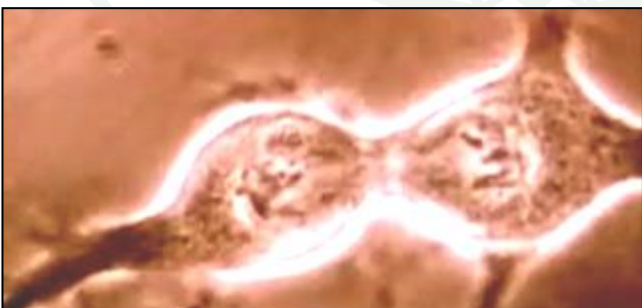
ภาพที่ 1 Early anaphase



ภาพที่ 2 Anaphase



ภาพที่ 3 Telophase



ภาพที่ 4 Cytokinesis

แหล่งอ้างอิง

Dan izzo. 2007. Cell Division (Online). http://www.youtube.com/watch?v=rgLJrvoX_qo, January 26, 2013.

คลิปวิดีโอ ที่ 2.3

เรื่อง มะเร็งเซลล์ประสาท คร่าชีวิตน้องน้ำหนึ่ง รายการเจาะข่าวเด่น



แหล่งอ้างอิง

[ThaiTVshowsHD](http://www.thaitvshowsHD.com). 2013. มะเร็งเซลล์ประสาท คร่าชีวิตน้องน้ำหนึ่ง ตอน2 - สรยุทธฯ เจาะข่าวเด่น 18 (Online). <http://www.youtube.com/watch?v=Vj77ButNkxo>, July 27, 2013.



อนุทิน (บันทึกการเรียนรู้)³

เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....
 ชื่อ.....สกุล.....ชั้น ม...../..... เลขที่.....

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง (Model Formation)

1. ผลการจัดการเรียนรู้ (สถานการณ์ที่กำหนดให้ ในกิจกรรม เรื่อง ปลายรากหอม เป็นอย่างไร)

.....

(คำถามช่วยกระตุ้นให้ใช้แบบจำลองพื้นฐาน เรื่อง ส่วนประกอบเซลล์ที่เกี่ยวข้องกับการแบ่งเซลล์ ได้
 มากน้อยเพียงไร เพราะเหตุใด)

.....

(กิจกรรม การสร้างแบบจำลองโดยการวาดภาพ จากสถานการณ์ เรื่อง ปลายรากหอม เป็นอย่างไร)

.....

2. ปัญหา หรืออุปสรรค.....

.....

3. แนวทางแก้ไขปัญหา.....

.....

4. ข้อเสนอแนะ.....

.....

ลงชื่อ ผู้บันทึกการเรียนรู้
 (.....)

³ เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ให้ใช้เพื่อประโยชน์ทางการศึกษา หากต้องการใช้ในการวิจัย ให้ขอ
 อนุญาตผู้วิจัยเป็นลายลักษณ์ และอ้างอิงในแผนการจัดการเรียนรู้ (ภาคผนวก) และแผนการสอนระยะยาว (บทที่ 3)
 ด้วย

อนุทิน (บันทึกการเรียนรู้) (ต่อ)

เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ชื่อ.....สกุล.....ชั้น ม...../..... เลขที่.....

ขั้นที่ 2 การใช้และประเมินแบบจำลอง (Use and evaluation)

1. ผลการจัดการเรียนรู้

(กิจกรรม การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส เป็นอย่างไร)

.....

(การใช้แบบจำลอง เป็นอย่างไร)

.....

(การประเมินแบบจำลอง เป็นอย่างไร)

.....

2. ปัญหา หรืออุปสรรค.....

.....

3. แนวทางแก้ไขปัญหา.....

.....

4. ข้อเสนอแนะ.....

.....

ขั้นที่ 3 การปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง (Model revision)

1. ผลการจัดการเรียนรู้ (การรวบรวมข้อมูลเพิ่มเติม การหาแนวทางแก้ไข ปรับปรุง เป็นอย่างไร).....

.....

.....

2. ปัญหา หรืออุปสรรค.....

.....

3. แนวทางแก้ไขปัญหา.....

.....

4. ข้อเสนอแนะ.....

.....

ลงชื่อ ผู้บันทึกการเรียนรู้

(.....)

อนุทิน (บันทึกการเรียนรู้) (ต่อ)

เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ชื่อ.....สกุล.....ชั้น ม...../..... เลขที่.....

ขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง (Model elaboration)

1. ผลการจัดการเรียนรู้

(สถานการณ์ เรื่อง การผลิตเซลล์ผิวหนัง ทำให้สามารถวาดภาพและอธิบายได้มากขึ้นเพียงใด เพราะอะไร).....

.....

(แบบจำลองนำไปใช้อธิบายข้อความทำกิจกรรมได้มากขึ้นเพียงใด เพราะเหตุใด)

.....

2. ปัญหา หรืออุปสรรค.....

.....

3. แนวทางแก้ไขปัญหา.....

.....

4. ข้อเสนอแนะ.....

.....

ลงชื่อ ผู้บันทึกการเรียนรู้
(.....)



บันทึกหลังสอน ⁴

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

เวลา 4 คาบ (200 นาที)

วันที่.....เดือน.....พ.ศ.....

ขั้นที่ 1 การสร้างแบบจำลอง (Model Formation)

1. ผลการจัดการเรียนรู้.....
2. ปัญหา หรืออุปสรรค.....
3. แนวทางแก้ไขปัญหา.....
4. ข้อเสนอแนะ.....

ขั้นที่ 2 การใช้และประเมินแบบจำลอง (Use and evaluation)

1. ผลการจัดการเรียนรู้.....
2. ปัญหา หรืออุปสรรค.....
3. แนวทางแก้ไขปัญหา.....
4. ข้อเสนอแนะ.....

⁴ เป็นลิขสิทธิ์ของมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ให้ใช้เพื่อประโยชน์ทางการศึกษา หากต้องการใช้ในการวิจัย ให้ขออนุญาตผู้วิจัยเป็นลายลักษณ์ และอ้างอิงในแผนการจัดการเรียนรู้ (ภาคผนวก) และแผนการสอนระยะยาว (บทที่ 3) ด้วย

ขั้นที่ 3 การปรับปรุงและแก้ไขแบบจำลอง (Model revision)

1. ผลการจัดการเรียนรู้.....

.....

.....

2. ปัญหา หรืออุปสรรค.....

.....

.....

3. แนวทางแก้ไขปัญหา.....

.....

.....

4. ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

ขั้นที่ 4 การขยายแบบจำลอง (Model elaboration)

1. ผลการจัดการเรียนรู้.....

.....

.....

2. ปัญหา หรืออุปสรรค.....

.....

.....

3. แนวทางแก้ไขปัญหา.....

.....

.....

4. ข้อเสนอแนะ.....

.....

.....

ลงชื่อ ผู้บันทึกการเรียนรู้
(.....)



ที่ ศธ. ๐๕๑๓.๑๐๙/ปวท. ๐๐๙



คณะศึกษาศาสตร์
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
๕๐ งามวงศ์วาน แขวงลาดยาว
เขตจตุจักร กรุงเทพฯ ๑๐๙๐๐

๗ มกราคม ๒๕๕๖

เรื่อง ขออนุญาตขอทราบข้อมูลในการทำวิจัย
เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนนครนายกวิทยาคม

เนื่องด้วย นางสาวปณิสรา ไม้รอด นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา(ภาคพิเศษ) ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน” ภายใต้การควบคุมของคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ได้แก่ ผศ.ดร.พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ และ รศ.ดร.พรรณนภา ศักดิ์สูง ซึ่งในการวิจัยนี้ นิสิตจำเป็นต้องเก็บรวบรวมข้อมูลจากการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน ในหน่วยการเรียนรู้เรื่อง การแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ เพื่อให้งานวิจัยครั้งนี้สำเร็จลุล่วงด้วยดี คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านอนุญาตให้นิสิตดำเนินการดังต่อไปนี้

๑. ทดลองใช้เครื่องมือวิจัยกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๕
๒. ปฏิบัติการสอนเรื่อง การแบ่งเซลล์ ในวิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ ด้วยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน เก็บข้อมูลวิจัยเกี่ยวกับการพัฒนาแบบจำลองทางความคิดเรื่อง การแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔/๒ ระยะเวลาตั้งแต่เดือนมกราคม – กุมภาพันธ์ พ.ศ. ๒๕๕๖

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาให้ความอนุเคราะห์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
หวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่าน ขอขอบพระคุณมา ณ โอกาสนี้

(ผศ.ดร.ชาตรี ฝ่ายคำตา)

ประธานคณะกรรมการดำเนินงาน
โครงการหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ โครงการปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา (ภาคพิเศษ) คณะศึกษาศาสตร์ โทร. ๑๘๖๖
ที่ ศธ.๐๕๑๓.๑๐๙๐๒/ปวท.๔๔๐ วันที่ ๕ ตุลาคม ๒๕๕๕
เรื่อง ขออนุมัติครุฑเป็นผู้ใช้ชื่อยาญตรวจเครื่องมือวิจัย

เรียน รศ.ดร.สมศักดิ์ อภิสิทธิ์วานิช (ภาควิชาพันธุศาสตร์ คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์)
สิ่งที่แนบมาด้วย ๑. แบบตรวจทานเครื่องมือวิจัยสำหรับผู้เชี่ยวชาญ
๒. แบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์

เนื่องด้วย นางสาวปานิสร ไม้รอด นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา (ภาคพิเศษ) ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน” ภายใต้การควบคุมของคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ได้แก่ ผศ.ดร.พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ และ รศ.ดร.พรณนภา ศักดิ์สูง

การวิจัยครั้งนี้จำเป็นต้องดำเนินการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ได้แก่ แบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ และแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วย เรื่อง การแบ่งเซลล์ ในประเด็น ๑. ความชัดเจนของคำชี้แจง ๒. ความเหมาะสมของกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎี ๓. ความตรงเชิงเนื้อหา ๔. ความเหมาะสมของภาษา เพื่อนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือให้มีคุณภาพต่อไป คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ประจำตัวนิสิตพิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความสามารถในวิชา ชีววิทยา จึงใคร่ขออนุมัติครุฑจากท่านตรวจแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การแบ่งเซลล์ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่านและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ

(ผศ.ดร.ชาติรี ฝ่ายคำตา)

ประธานคณะกรรมการดำเนินงาน

โครงการหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา (ภาคพิเศษ) คณะศึกษาศาสตร์



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ โครงการปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา (ภาคพิเศษ) คณะศึกษาศาสตร์ โทร. ๑๘๖๖

ที่ ศธ.๐๕๑๓.๑๐๙๐๒/ปวท. ๔๔๒

วันที่ ๕ ตุลาคม ๒๕๕๕

เรื่อง ขออนุมัติครุภัณฑ์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจเครื่องมือวิจัย

เรียน ผศ.ดร.ชาตรี ฝ่ายคำตา

สิ่งที่แนบมาด้วย ๑. แบบตรวจทานเครื่องมือวิจัยสำหรับผู้เชี่ยวชาญ

๒. แผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การแบ่งเซลล์

เนื่องด้วย นางสาวปณิสรา ไมรอด นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา (ภาคพิเศษ) ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน” ภายใต้การควบคุมของคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ได้แก่ ผศ.ดร.พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ และ รศ.ดร.พรณนภา ศักดิ์สูง

การวิจัยครั้งนี้จำเป็นต้องดำเนินการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ได้แก่ แบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ และแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วย เรื่อง การแบ่งเซลล์ ในประเด็น ๑. ความชัดเจนของคำชี้แจง ๒. ความเหมาะสมของกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎี ๓. ความตรงเชิงเนื้อหา ๔. ความเหมาะสมของภาษา เพื่อนำข้อเสนอแนะมาใช้ปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือให้มีคุณภาพต่อไป คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ประจำตัวนิสิตพิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความสามารถทางด้านแบบจำลองทางความคิด และการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน จึงใคร่ขออนุมัติครุภัณฑ์จากท่านตรวจแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การแบ่งเซลล์ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงได้รับความอนุเคราะห์จากท่านและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุมัติ

(ผศ.ดร.ชาตรี ฝ่ายคำตา)

ประธานคณะกรรมการดำเนินงาน

โครงการหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา (ภาคพิเศษ) คณะศึกษาศาสตร์



บันทึกข้อความ

ส่วนราชการ โครงการปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา (ภาคพิเศษ) คณะศึกษาศาสตร์ โทร. ๑๘๖๖

ที่ ศธ.๐๕๑๓.๑๐๙๐๒/ปวท.๔๔๖

วันที่ ๙ ตุลาคม ๒๕๕๕

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย

เรียน อาจารย์ ดร.ศศิเทพ ปิติพรเทพิน

สิ่งที่แนบมาด้วย ๑. แบบตรวจทานเครื่องมือวิจัยสำหรับผู้เชี่ยวชาญ

๒. แผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การแบ่งเซลล์

๓. แบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์

เนื่องด้วย นางสาวปาณิสรา ไม้รอด นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา (ภาคพิเศษ) ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน” ภายใต้การควบคุมของคณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ได้แก่ ผศ.ดร.พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ และ รศ.ดร.พรณนภา ศักดิ์สูง

การวิจัยครั้งนี้จำเป็นต้องดำเนินการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือ ได้แก่ แบบวัดแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ และแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วย เรื่อง การแบ่งเซลล์ ในประเด็น ๑. ความชัดเจนของคำชี้แจง ๒. ความเหมาะสมของกรอบแนวคิดเชิงทฤษฎี ๓. ความตรงเชิงเนื้อหา ๔. ความเหมาะสมของภาษา เพื่อนำข้อเสนอแนะมาปรับปรุงแก้ไขเครื่องมือให้มีคุณภาพต่อไป คณะกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ประจำตัวนิสิตพิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญที่มีความรู้ความสามารถในวิชาชีววิทยา จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านตรวจแผนการจัดการเรียนรู้รายหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การแบ่งเซลล์ และหวังเป็นอย่างยิ่งว่าจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านและขอขอบคุณมา ณ โอกาสนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์

(ผศ.ดร.ชาตรี ฝ่ายคำตา)

ประธานคณะกรรมการดำเนินงาน

โครงการหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา (ภาคพิเศษ) คณะศึกษาศาสตร์



ที่ ศธ. ๐๕๑๓.๑๐๙/ปวท.๔๓๗

คณะศึกษาศาสตร์

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

๕๐งามวงศ์วาน แขวงลาดยาว

เขตจตุจักร กรุงเทพฯ ๑๐๙๐๐

- ๕ ตุลาคม ๒๕๕๕

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์เป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัย
เรียน นางเพ็ชรี ประสารบุญ

เนื่องด้วย นางสาวปาณิสรา ไม้รอด นิสิตปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา (ภาคพิเศษ) ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ได้รับอนุมัติจากบัณฑิตวิทยาลัยให้ทำวิทยานิพนธ์เรื่อง “การพัฒนาแบบจำลองทางความคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔ โดยการจัดการเรียนรู้ที่ใช้แบบจำลองเป็นฐาน” ซึ่งอยู่ในขั้นตอนของการสร้างเครื่องมือเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล คณะศึกษาศาสตร์พิจารณาเห็นว่าท่านเป็นผู้มีความรู้ความเชี่ยวชาญในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ จึงใคร่ขอความอนุเคราะห์จากท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบเครื่องมือวิจัยของนิสิตในครั้งนี้ด้วย

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณาอนุเคราะห์

(ผศ.ดร.ชาตรี ฝ้ายคำตา)

ประธานคณะกรรมการดำเนินงาน

โครงการหลักสูตรศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา (ภาคพิเศษ) คณะศึกษาศาสตร์

โครงการปริญญาโท สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา (ภาคพิเศษ)

โทร. ๐๖-๔๔๖๘๒๐๐ ต่อ ๑๘๖๖

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ - นามสกุล	นางสาวปาณิสรา ไม้รอด
วัน เดือน ปีเกิด	วันที่ 12 เดือนธันวาคม พ.ศ. 2528
สถานที่เกิด	จังหวัดลำปาง
ประวัติการศึกษา	การศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาวิชาการสอนชีววิทยา มหาวิทยาลัยบูรพา
ตำแหน่งหน้าที่การงานปัจจุบัน	ครูผู้ช่วย
สถานที่ทำงานปัจจุบัน	โรงเรียนวัดสุทธิวราราม กรุงเทพมหานคร

