



ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา)

ប្រិយស្នា

วิทยาศาสตร์ศึกษา

การศึกษา

สาขา

ภาควิชา

เรื่อง การพัฒนาแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

The Development of Concepts on Cell Division and Genetic Inheritance of Grade 10th Students by Using Inquiry-based Learning

นางมะลิวัลย์ ประทุมทอง

๒ได้พิจารณาเห็นชอบโดย

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์จิระวรรณ เกษสิงห์, ประ.ค.)

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม

(ศาสตราจารย์ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ, วท.ม.)

หัวหน้าภาควิชา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์สิทธิกร สماعيل, ศษ.ด.)

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์รับรองแล้ว

(รองศาสตราจารย์กัญญา วีระกุล, D.Agr.)

คณะบดีบัณฑิตวิทยาลัย

วันที่ เดือน พ.ศ.

ສົບສິທິ **ມຫາວິທຍາສັນເກຢຄຣຕຳສຳຄັນ**

วิทยานิพนธ์

เรื่อง

การพัฒนาแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

The Development of Concepts on Cell Division and Genetic Inheritance of
Grade 10th Students by Using Inquiry-based Learning

โดย

นางมะลิวัลย์ ประทุมทอง

เสนอ

บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

เพื่อความสมบูรณ์แห่งปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตรศึกษา)

พ.ศ. 2557

ลิขสิทธิ์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

มะลิวัลย์ ประทุมทอง 2557: การพัฒนาแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
ปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต (วิทยาศาสตร์ศึกษา) สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา ภาควิชาการศึกษา
อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์จิระวรรณ เกษสิงห์, ประ.ด. 206 หน้า

งานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และ 2) ค้นหาเทคนิควิธีในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่สนับสนุนการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในหัวข้อดังกล่าว กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 35 คน ที่เรียนรายวิชาชีววิทยาพื้นฐาน ปีการศึกษา 2556 ในการตอบจุดประสงค์การวิจัยข้อที่ 1 ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดแนวคิด จากนั้นนำคำตอบของนักเรียนมาจัดจำแนกเป็น 5 หมวด คือ แนวคิดวิทยาศาสตร์ แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน แนวคิดคลาดเคลื่อน และไม่มีแนวคิด ในการตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2 ข้อมูลถูกเก็บรวบรวมจากบันทึกของผู้วิจัย วัสดุทัศนการสอน และการอภิปรายร่วมกับครูผู้วิจัย การวิเคราะห์ข้อมูลกระทำผ่านการวิเคราะห์อุปนัย

ผลการวิจัยแสดงให้เห็นว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ จำนวนนักเรียนที่อยู่ในกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นกว่าก่อนเรียนในทุกแนวคิด โดยเฉพาะในแนวคิดเรื่อง 1) จำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิต 2) ความสัมพันธ์ระหว่างยีน ดีเอ็นเอ และ โครโมโซม และ 3) องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ ตามลำดับ อย่างไรก็ตาม ผลการวิจัยพบว่าแม้หลังเรียนแล้วนักเรียนหลายคนยังคงอยู่ในกลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อนหรือกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน โดยเฉพาะในเรื่องกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส โครงสร้างดีเอ็นเอและกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ตามลำดับ นอกจากนี้งานวิจัยพบว่ามีหลายเทคนิคในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่อาจช่วยสนับสนุนการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน อาทิ เช่น 1) การใช้คำถามในการสำรวจความรู้เดิมควรมีความกระชับ 2) สื่อการสอนควรใช้ร่วมกับการถามคำถามที่เป็นลำดับขั้นจึงจะสามารถกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้ 3) สื่อการสอนควรสอดคล้องกับเรื่องที่สอนอย่างยิ่งและตัวสื่อเองไม่ควรเป็นต้นเหตุให้เกิดแนวคิดคลาดเคลื่อน 4) การอภิปรายกับนักเรียนก่อนทำกิจกรรมช่วยสนับสนุนให้เกิดความสำเร็จในการทำกิจกรรม 5) กิจกรรมควรมีความกระชับและน่าสนใจ 6) ในการนำเสนอผล ครูควรเลือกเฉพาะกลุ่มที่มีผลการทำกิจกรรมที่เป็นตัวแทนของห้องได้ในการนำเสนอ 7) สนับสนุนให้นักเรียนเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองมิใช่เพื่อรางวัล 8) นักเรียนควรมีโอกาสได้เปรียบเทียบความรู้ใหม่กับความรู้เดิม และ 9) ครูควรใช้วิธีการวัดที่หลากหลายเพื่อตรวจสอบการเรียนรู้ของนักเรียน

Maliwan Pratumtong 2014: The Development of Concept on Cell Division and Genetic Inheritance of Grade 10th Students by Using Inquiry-based Learning. Master of Education (Science Education), Major Field: Science Education, Department of Education. Thesis Advisor: Miss Jeerawan Ketsing, Ph.D. 206 pages.

This study aimed to 1) develop students' scientific concept on cell division and genetic inheritance by using inquiry-based learning, and 2) explore techniques in inquiry-based learning that promote the development of students' scientific concept in the focus topic. The participants were 35 10th graders who studied Basic Biology subject in an academic year 2013. In addressing the first research aim, the researcher collected data by utilizing conceptual test. The students' responses were categorized into 5 categories: Scientific Conception, Partial Conception, Partial Conception & Complete Misconception, Complete Misconception, and No Response. In addressing the second aim, the data was gathered via researcher's journal, videotapes of classroom instruction and discussions with teacher researcher. The data was analyzed through inductive analysis.

The result revealed that after learning the concepts via inquiry-based learning, a number of students who were in Scientific Conception category was increased from before learning in all concepts, particularly in the concepts of 1) number of chromosome in organisms, 2) relationship among gene, DNA, and chromosome, and 3) chemical components of DNA, respectively. However, the study found that even after the instruction, many students were still in Complete Misconception or Partial Conception & Complete Misconception categories, particularly in meiosis process, DNA structure, and mitosis process, respectively. Moreover, the study found a number of teaching techniques in inquiry-based learning that might be able to promote students' scientific concept, for example: 1) the questions used for exploring student's prior knowledge should be succinct; 2) instructional media should be used with systematic questions in order to motivate students' interest; 3) instructional media should be highly related to the focused concept and should not be a source of misconception; 4) the discussion with students before conducting learning activity promote the successfulness of the activity; 5) the learning activities should fit with timeframe and should be interesting; 6) in presenting the result, teacher should select only the groups that have representative result of the class to present their findings; 7) encouraging students to learn for themselves, not for rewards; 8) students should have opportunities to compare new knowledge with prior knowledge; and 9) teacher should use a variety of assessment methods to assess students' learning

Student's signature

Thesis Advisor's signature

กิตติกรรมประกาศ

ผู้วิจัยขอกราบขอบพระคุณ ประธานกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ ดร.จิระวรรณ เกษสิงห์ และกรรมการที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ร่วม ศาสตราจารย์ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ ที่ได้ทุ่มเทเวลาในการให้คำแนะนำแนวทางในการดำเนินการวิจัย ให้คำปรึกษาเมื่อพบปัญหา ช่วยเหลือและตรวจแก้ไข วิทยานิพนธ์เล่มนี้ให้สมบูรณ์ รวมทั้งให้กำลังใจในการทำงานแก่ผู้วิจัยตลอดมา

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชาติรี ฝ่ายคำตา และอาจารย์อรรณพ คุณเพ็ญแสง ที่ให้คำแนะนำตรวจแก้ไข ให้ข้อเสนอแนะต่างๆ เกี่ยวกับการทำการวิจัย และเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ขอขอบพระคุณ ประธานการสอน ดร. จิตตมาศ สุขแสง และผู้ทรงคุณวุฒิภายนอก ผศ. ดร. สมเกียรติ พรพิสุทธิมาศ ที่ได้ให้คำแนะนำ ข้อเสนอแนะต่างๆ เกี่ยวกับงานวิจัย

ขอขอบพระคุณผู้บริหารโรงเรียนที่กรุณาให้ผู้วิจัยดำเนินการวิจัย ขอขอบคุณอาจารย์ ศิริประภา จ่านาค และเพื่อนครูในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ รวมทั้งนักเรียนทุกคนที่เข้าใจ และให้ความร่วมมือในการวิจัย

สุดท้ายนี้กราบขอบพระคุณอาจารย์สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษาทุกท่าน ที่ทำให้ข้าพเจ้าได้พัฒนาตนเอง และขอขอบคุณเพื่อนๆ ในสาขาวิทยาศาสตร์ศึกษาทุกคนที่ช่วยเหลือ ครอบครัวยุของข้าพเจ้า ที่ให้กำลังใจและให้การสนับสนุนตลอดระยะเวลาในการศึกษา คุณค่า และประโยชน์อันเกิดจากงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยขอมอบให้กับบิดา มารดา บุรพาคณาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน

มะลิวัลย์ ประทุมทอง

พฤษภาคม 2557

สารบัญ

หน้า

สารบัญตาราง	(3)
สารบัญภาพ	(4)
บทที่ 1 บทนำ	1
ความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์การวิจัย	4
คำถามวิจัย	5
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	5
ขอบเขตการวิจัย	5
นิยามศัพท์เฉพาะ	6
บทที่ 2 ตรวจสอบเอกสาร	8
แนวคิด	9
การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้	23
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	32
บทที่ 3 วิธีการวิจัย	35
รูปแบบการวิจัย	35
บริบทของโรงเรียน	36
สภาพห้องเรียน	36
ครูผู้ร่วมวิจัย	38
กลุ่มที่ศึกษา	39
แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เรื่องการแบ่งเซลล์	
และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม	39
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	47
การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล	50
จริยธรรมการวิจัย	54

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

บทที่ 4 ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์	55
ผลการวิจัยของคำถามวิจัยข้อที่ 1 แนวคิดเรื่อง	
การแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียน	
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อนเรียนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้	
แบบสืบเสาะหาความรู้	55
ผลการวิจัยของคำถามวิจัยข้อที่ 2 วิธีการจัดการเรียนรู้แบบ	
สืบเสาะหาความรู้ที่ช่วยพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่อง	
การแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของ	
นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	129
การอภิปรายผลการวิจัย	143
บทที่ 5 สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ	151
สรุปวิธีดำเนินการวิจัย	151
สรุปผลการวิจัย	155
ข้อเสนอแนะ	158
เอกสารและสิ่งอ้างอิง	161
ภาคผนวก	173
ภาคผนวก ก รายนามผู้เชี่ยวชาญ	174
ภาคผนวก ข ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้	176
ภาคผนวก ค ตัวอย่างแบบวัดแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์	
และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม	190
ภาคผนวก ง ตัวอย่างกรอบการบันทึกการสังเกตการสอนของผู้วิจัย	201
ประวัติการศึกษาและการทำงาน	206

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	สาระที่ 1 และ 8 มาตรฐานการเรียนรู้ ม.4-ม.6	21
2	บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน	30
3	แผนการจัดการเรียนรู้ในแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม แนวคิดหลัก และจำนวนคาบเรียน	40
4	การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม	42
5	แบบวัดแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม และระยะเวลาที่ใช้ในการทำแบบวัดแนวคิดแต่ละฉบับ	48
6	เกณฑ์ในการจัดกลุ่มแนวคิดโดยปรับปรุงจากกรอบแนวคิดของ อาทิตยา จิตรเอื้อเพื่อ (2553)	51
7	จำนวนและร้อยละของนักเรียนจำแนกตามกลุ่มแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้	56

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แผนผังห้องปฏิบัติการชีววิทยา	37
2	กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่องลักษณะทางพันธุกรรม ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียน รหัส ST001-ST018	64
3	กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่องลักษณะทางพันธุกรรม ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียน รหัส ST0019-ST035	65
4	กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่องความสัมพันธ์ของยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหา ความรู้ของนักเรียนรหัส ST001-ST018	69
5	กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่องความสัมพันธ์ของยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหา ความรู้ของนักเรียนรหัส ST019-ST035	70
6	กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่องรูปร่างของโครโมโซม ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียน รหัส ST001-ST018	74
7	กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่องรูปร่างของโครโมโซม ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียน รหัส ST019-ST035	75

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
8	กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่องจำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิต ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียนรหัส ST001-ST018	79
9	กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่องจำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิต ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียนรหัส ST019-ST035	80
10	กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่องหลักการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียนรหัส ST001-ST018	86
11	กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่องหลักการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียนรหัส ST019-ST035	87
12	กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่องกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียนรหัส ST001-ST018	96
13	กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่องกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียนรหัส ST019-ST035	97

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
14	กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่องหลักการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียนรหัส ST001-ST018	102
15	กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่องหลักการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียนรหัส ST019-ST035	103
16	กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่องกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียนรหัส ST001-ST018	112
17	กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่องกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียนรหัส ST019-ST035	113
18	กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่องโครงสร้างของดีเอ็นเอ ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียนรหัส ST001-ST018	120
19	กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่องโครงสร้างของดีเอ็นเอ ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียนรหัส ST019-ST035	121

สารบัญภาพ (ต่อ)

ภาพที่		หน้า
20	กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่ององค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียนรหัส ST001-ST018	126
21	กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่ององค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียนรหัส ST019-ST035	127
ภาพผนวกที่		
1	ตัวอย่างการบันทึกการสังเกตการสอนของผู้วิจัย แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง โครโมโซม	204

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญของปัญหา

แนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมเป็นแนวคิดที่มีความสำคัญยิ่งในสังคมปัจจุบัน เนื่องจากเป็นพื้นฐานความรู้ทางพันธุศาสตร์ ซึ่งในปัจจุบันความรู้ทางพันธุศาสตร์ได้ก้าวหน้าไปมาก (มรกต ดันติเจริญ, 2551) มีการประยุกต์ใช้ความรู้ทางพันธุศาสตร์ในหลายแง่มุมทั้งในมนุษย์ สัตว์ และพืช อาทิ การป้องกันและรักษาโรคทางพันธุกรรมที่พบในมนุษย์ สัตว์ และพืช การปรับปรุงพันธุ์พืชและสัตว์เพื่อเพิ่มมูลค่าทางเศรษฐกิจและผลผลิตทางการเกษตร (มรกต ดันติเจริญ, 2551; สุทัศน์ ศรีวัฒนพงศ์, 2551) การตรวจสอบความสัมพันธ์การเป็นพ่อแม่ลูกหรือเครือญาติ การพิสูจน์หลักฐานเชิงนิติวิทยาศาสตร์โดยใช้ลายพิมพ์ดีเอ็นเอในคดีอาชญากรรม (Stewart and Dale, 1981; สุภาพร สุกสีเหลือง, 2547) นอกจากนี้ความรู้ทางพันธุศาสตร์ยังมีประโยชน์ในการทำความเข้าใจและการตัดสินใจในประเด็นทางสังคม อาทิ การปลูกการนำเข้า และการบริโภคพืชที่ได้รับการตัดแต่งทางพันธุกรรมหรือจีเอ็มโอ การกำหนดเพศ และลักษณะที่ต้องการในบุตร การตัดสินใจเลือกคู่ครองและการมีบุตร (สมศักดิ์ อภิสิทธิ์วานิช, 2543) อีกทั้งความเข้าใจเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมยังเป็นพื้นฐานสำคัญต่อการศึกษาแนวคิดชีววิทยาเรื่องอื่นๆ อาทิ ความหลากหลายทางชีวภาพ วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต และประชากร เป็นต้น ด้วยเหตุนี้ การมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่องดังกล่าวจะช่วยให้นักเรียนสามารถดำรงชีวิตอยู่ในยุคปัจจุบันได้อย่างรู้เท่าทันและตัดสินใจในเรื่องที่เกี่ยวข้องกับการใช้ความรู้ทางพันธุศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม

สำหรับประเทศไทยเนื้อหาเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบรรจุอยู่ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระการเรียนรู้ที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต มาตรฐาน ว 1.2 ในทุกช่วงชั้น ตั้งแต่ช่วงชั้นที่ 1 (ป. 1-3) จนถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6 โดยในช่วงชั้นที่ 1 (ป. 1-3) ตัวชี้วัดในหลักสูตรแกนกลางมุ่งเน้นให้ผู้เรียนระดับประถมศึกษามีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับลักษณะที่คล้ายคลึงกันของพ่อแม่และลูกว่าเป็นผลมาจากการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม สืบราว เปรียบเทียบ และระบุ

ลักษณะของตนเองกับคนในครอบครัว อธิบายลักษณะการถ่ายทอดทางพันธุกรรมของสิ่งมีชีวิตในแต่ละรุ่นและสามารถนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ในชีวิตประจำวันได้ ส่วนในช่วงชั้นที่ 3 (ม.1-3) มัธยมศึกษาตอนต้น หลักสูตรต้องการให้ผู้เรียนสังเกตและอธิบายลักษณะของโครโมโซมที่มีหน่วยพันธุกรรมหรือยีนในนิวเคลียส อธิบายความสำคัญของสารพันธุกรรมหรือดีเอ็นเอและกระบวนการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม อธิบายโรคทางพันธุกรรมที่เกิดจากความผิดปกติของยีนและโครโมโซม สำรวจและอธิบายการเกิดความหลากหลายทางชีวภาพในท้องถิ่นและนำความรู้ไปปรับใช้ในชีวิตประจำวันได้ และในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (ม. 4-6) หลักสูตรมุ่งเน้นให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซมในระดับโมเลกุล โดยผู้เรียนสามารถอธิบายกระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรม มีวาทะ และการเกิดความหลากหลายทางชีวภาพ สำหรับในรายวิชาชีววิทยาเพิ่มเติม นั้น ยังมุ่งเน้นให้นักเรียนมีความเข้าใจเกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างยีนและโครโมโซม โครโมโซม โครงสร้างดีเอ็นเอและองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.), 2546)

ถึงแม้ว่าแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจะมีความสำคัญ หากแต่พบว่าจากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องทั้งในประเทศและต่างประเทศนักเรียนประสบปัญหาในการทำความเข้าใจในเรื่องดังกล่าวอยู่มาก สุรจิตรา เศรษฐภักดี (2547) และ พอรินทร์ พุกพูนชนพัฒน์ (2555) พบว่า นักเรียนมีความสับสนในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างสารพันธุกรรม ยีน และโครโมโซม นักเรียนไม่เข้าใจเรื่องโครงสร้าง หน้าที่ และสมบัติของสารพันธุกรรม ในทำนองเดียวกัน Banet and Ayuso (2000) ระบุว่า นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับตำแหน่งของสารพันธุกรรม ขณะที่ Mertens and Walker (1992) พบว่า นักเรียนไม่เข้าใจเรื่องโครโมโซมและการจัดเรียงตัวของโครโมโซม กฎการรวมกลุ่ม และกฎการแยกตัวอย่างอิสระของโครโมโซมในขณะที่มีการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสสอดคล้องกับ Wood-Robinson, Lewis and Leach (2000) ที่พบว่านักเรียนมีความสับสนเกี่ยวกับธรรมชาติของสารพันธุกรรมในเซลล์และกระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรมจากเซลล์แม่ไปสู่เซลล์ลูก เช่นเดียวกับ Lewis, Leach and Wood-Robinson (2000) ที่พบว่านักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของโครโมโซมระหว่างการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส และการปฏิสนธิ อีกทั้งขาดความเข้าใจเรื่องบทบาทหน้าที่ของโครโมโซมในระยะต่างๆ ของการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส และการปฏิสนธิ นอกจากนี้ Mungsing (1993) และฐิติมา สุขภิมนตรี(2531) พบว่านักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องการแลกเปลี่ยนส่วนของโครโมโซม กฎการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของเมนเดล การแปรผันทางพันธุกรรม ลักษณะเด่นไม่สมบูรณ์ กระบวนการแบ่งเซลล์แบบ

ไมโอซิส และคำศัพท์เฉพาะทางพันธุศาสตร์ นอกจากนี้ ทศนียา รัตนฤทัย, กัญจนา ชีระกุล และนฤมล ยุตาคม (2549) และ จิตตินันท์ สาตะนิมิ (2550) พบว่า นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องยีน โครโมโซม แอลลีลเด่น แอลลีลด้อย โรคทางพันธุกรรม โครงสร้างสารพันธุกรรม จีโนไทป์ ฟีนไทป์ และมิวเทชัน ซึ่งผลที่ได้จากงานวิจัยดังกล่าวข้างต้นสอดคล้องกับ Marbach-Ad and Stavy (2000) ที่ชี้ว่านักเรียนประสบปัญหาในการอธิบายปรากฏการณ์ทางพันธุศาสตร์ทั้งในระดับโมเลกุล ระดับเซลล์ และระดับที่สังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า จากข้อมูลดังกล่าวสะท้อนให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้เรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมเป็นเรื่องท้าทายสำหรับครูและผู้เกี่ยวข้อง ซึ่งหากนักเรียนไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่องเหล่านี้แล้ว ก็เป็นเรื่องยากที่นักเรียนจะทำการตัดสินใจได้อย่างเหมาะสมในประเด็นต่างๆ ในสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้ความรู้ทางพันธุศาสตร์

ดังนั้นการจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมให้นักเรียนเกิดแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมจึงมีความสำคัญโดยแนวทางหนึ่งในการสอนวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับว่าสามารถส่งเสริมให้นักเรียนสร้างองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้ด้วยตนเองคือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (National Research Council [NRC], 2000; Bybee, 2006; สสวท., 2546; สारोช โศภิตรักษ์, 2546; จันทร์ดา พิทักษ์สาลี, 2547) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญเนื่องจากสนับสนุนให้ผู้เรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเองในประเด็นปัญหาที่ผู้เรียนสนใจสงสัยและผู้เรียนลงมือปฏิบัติเพื่อแสวงหาข้อมูลหรือประสบการณ์ใหม่ จากนั้นผู้เรียนจะสร้างองค์ความรู้ใหม่โดยการเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ (หรือประสบการณ์ใหม่) ที่ได้จากการลงมือปฏิบัติภายใต้การช่วยเหลือสนับสนุนจากครู (สำนักงานคณะกรรมการการประถมศึกษาแห่งชาติ, 2543)

สสวท. (2546) ได้เสนอแนะกระบวนการในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ 5 ขั้นตอน คือขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัยหรือเริ่มจากความสนใจของนักเรียนเอง หรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่มเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว จึงมีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูลที่ได้อธิบาย แปรผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ ขั้นที่ 4

ชั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ และ ขั้นที่ 5 ประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนมีความรู้ อะไรบ้างอย่างไรและมากน้อยเพียงใด

นอกจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้จะช่วยให้ผู้เรียนได้เกิดแนวคิดวิทยาศาสตร์แล้ว การสอนตามแนวทางนี้ยังช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทักษะการคิดวิเคราะห์ และมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ ได้เรียนรู้ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ เข้าใจว่านักวิทยาศาสตร์ค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างไร และความรู้ทางวิทยาศาสตร์เชื่อถือได้ และเปลี่ยนแปลงได้เมื่อมีข้อมูลหลักฐานเพิ่มเติม (NRC, 2000; Zion, Michalsky, and Mevarech, 2005) นอกจากนี้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถพัฒนาผู้เรียนในด้านความคิด การใช้เหตุผล การสังเกต และการแก้ปัญหาในชีวิตประจำวัน (วาริ ถิระจิตร, 2534) ฝึกให้ผู้เรียนมีการคิดอย่างมีระบบในการสืบเสาะหาหลักฐานเพื่อตอบปัญหา ที่สนใจ (เฉลิม มลิตา, 2523) เนื่องจากในการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ผู้เรียนได้ร่วมกำหนด ปัญหา คิดหาวิธีการแก้ปัญหา และแสวงหาคำตอบของคำถามด้วยตนเองอย่างเป็นระบบ

จากเหตุผลดังกล่าวข้างต้นผู้วิจัยจึงสนใจที่จะใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางของ สสวท. (2546) เพื่อพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 รวมทั้งศึกษาเทคนิควิธีในการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ช่วยพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในเรื่องดังกล่าว โดยผลที่ได้จากการวิจัยจะเป็นประโยชน์ต่อครูและผู้เกี่ยวข้องในแง่ของเทคนิคในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ช่วยพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม และเรื่องอื่นที่เกี่ยวข้อง

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. เพื่อค้นหาเทคนิคในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ช่วยพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง การแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คำถามวิจัย

1. นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีแนวคิด เรื่อง การแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมอย่างไร ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีเทคนิคอย่างไร ที่ช่วยพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1. ครูและผู้เกี่ยวข้องได้แนวทางที่ดีในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ช่วยพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายในเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม
2. ครูและผู้เกี่ยวข้องได้แนวทางในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่องอื่นที่เกี่ยวข้อง

ขอบเขตการวิจัย

สถานที่ดำเนินการวิจัย

โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษาเขต 2 กรุงเทพมหานคร เป็นโรงเรียนสหศึกษา มีนักเรียนทั้งหมดประมาณ 1,900 คน

กลุ่มที่ศึกษา

นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวนนักเรียน 35 คน เป็นนักเรียนชาย 12 คน นักเรียนหญิง 23 คน ที่เรียนรายวิชาชีววิทยาพื้นฐาน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ของโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษ สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2 กรุงเทพมหานคร

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย คือ หน่วยการเรียนรู้ เรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ครอบคลุม 5 แนวคิดหลัก ได้แก่ 1) ลักษณะทางพันธุกรรม 2) โครโมโซม 3) การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส 4) การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส และ 5) โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ ครอบคลุมแผนการจัดการเรียนรู้ทั้งหมด 5 แผน ใช้เวลาในการสอน 12 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที

ระยะเวลาที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูล

ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 ตั้งแต่เดือนพฤษภาคม ถึง เดือนกันยายน พ.ศ. 2556

นิยามศัพท์เฉพาะ

แนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม หมายถึงความรู้ความเข้าใจของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมอันประกอบด้วยแนวคิดหลัก 5 แนวคิด คือ ลักษณะทางพันธุกรรม โครโมโซม การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส และโครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ โดยวัดจากคำตอบของนักเรียนในแบบวัดแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่ผู้วิจัยปรับปรุงมาจากพอรินท์ พุกพูนธนพัฒน์ (2555) และ จิตตินันท์ สาทะนิมิ (2550)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการสร้างความรู้ด้วยตนเองนักเรียนได้ลงมือปฏิบัติเพื่อสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองและมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับกิจกรรม นักเรียนกับนักเรียน และนักเรียนกับครู โดยในงานวิจัยนี้ผู้วิจัยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางของ สสวท. (2546) โดยมีขั้นตอนในการสอน 5 ขั้นตอนประกอบด้วย ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมิน



บทที่ 2

ตรวจเอกสาร

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนาแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และค้นหาเทคนิคในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ช่วยพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่องดังกล่าว โดยผู้วิจัยทำการตรวจเอกสารที่เกี่ยวข้องเพื่อเป็นกรอบแนวคิดในการดำเนินการวิจัยดังนี้

1. แนวคิด

1.1 ความหมายของแนวคิด

1.2 แนวคิดวิทยาศาสตร์

1.3 การสร้างแนวคิด

1.4 แนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

1.5 สาเหตุการเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์

1.6 การศึกษาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

1.7 แนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน

2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

2.1 ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

2.2 รูปแบบของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

2.3 ระดับของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

2.3 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

3. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

3.1 งานวิจัยในประเทศ

3.2 งานวิจัยต่างประเทศ

แนวคิด

ความหมายของแนวคิด

แนวคิดเป็นคำศัพท์บัญญัติที่ราชบัณฑิตยสถาน (2536) บัญญัติขึ้นใช้แทนคำภาษาอังกฤษ คือ Concept โดยนักการศึกษาทั้งชาวไทยและต่างประเทศได้ให้ความหมายของแนวคิดไว้หลากหลาย ดังนี้

สุวัฒน์ นิยมคำ (2531) ได้ให้ความหมายของแนวคิดไว้ว่าเป็นรูปแบบของความรู้ที่เกิดจากการจัดกลุ่มหรือประเภทของสิ่งที่ได้จากการสังเกตหลาย ๆ อย่างเข้าด้วยกัน

ปรีชาพร วงศ์อนุตรโรจน์ (2543) ได้ให้ความหมายของแนวคิดไว้ว่าเป็นข้อสรุปจากการรับรู้ของมนุษย์ต่อสิ่งเร้าที่มีคุณลักษณะต่าง ๆ โดยเป็นการเก็บรวบรวมข้อมูลที่มีลักษณะคล้ายกันไว้ในกลุ่มเดียวกัน

สุรางค์ โคว์ตระกูล (2552) ได้ให้ความหมายของแนวคิดไว้ว่าเป็นนามธรรมใช้แทนสัตว์วัตถุ สิ่งของที่ได้จัดไว้ในจำพวกเดียวกัน โดยถือลักษณะที่สำคัญเป็นเกณฑ์

Osborne and Cosgrove (1983) ได้ให้ความหมายของแนวคิดไว้ว่า การแสดงออกซึ่งสามารถแสดงในรูปสัญลักษณ์ทางด้านภาษาที่ใช้ในกระบวนการเรียนรู้ การจัดลำดับขั้น และการแยกประเภทของสิ่งของหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ได้

West and Pines (1985) ได้ให้ความหมายของแนวคิดไว้ว่า เป็นการเชื่อมโยงของกลุ่มคำหรือคำอธิบายเรื่องราวต่างๆ ที่ผ่านการวินิจฉัย โดยแนวคิดทำหน้าที่เป็นตัวแทนของความรู้ที่นักเรียนได้สร้างขึ้นเกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ

Fieldman (1987) ได้ให้ความหมายของแนวคิดไว้ว่าเป็นการจัดกลุ่มของเหตุการณ์หรือคนที่มีคุณสมบัติคล้ายกันเข้าด้วยกัน ทำให้เข้าใจสิ่งต่างๆ ได้ง่ายขึ้นและสามารถจัดจำแนกสิ่งใหม่ๆ ที่เราพบเห็นให้อยู่ในรูปที่เราสามารถเข้าใจได้ตามประสบการณ์ที่ผ่านมา

จากความหมายของแนวคิดดังกล่าวข้างต้น สรุปได้ว่า แนวคิด หมายถึง ความเข้าใจของบุคคลที่มีต่อสิ่งต่างๆ โดยอาศัยคุณลักษณะร่วมหรือลักษณะสำคัญของสิ่งนั้นเพื่อให้ได้ข้อสรุปหรือคำจำกัดความ

แนวคิดวิทยาศาสตร์

แนวคิดวิทยาศาสตร์จัดเป็นประเภทหนึ่งของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ซึ่งแนวคิดวิทยาศาสตร์เป็นผลของความคิดรวบยอดเกี่ยวกับเรื่องราวหรือปรากฏการณ์ต่างๆ ทางธรรมชาติ (ภพ เลหาไพบูลย์, 2542) ซึ่งนักวิชาการได้ให้ความหมายแนวคิดวิทยาศาสตร์ไว้หลากหลายสรุปได้ดังนี้

ปรีชา วงศ์ศิริ (2525) อธิบายว่าแนวคิดทางวิทยาศาสตร์หมายถึงความเข้าใจที่จะสรุปรวมลักษณะที่สำคัญๆ ของวัตถุหรือปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่งและแต่ละคนอาจมีแนวคิดต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งแตกต่างกันได้ขึ้นอยู่กับประสบการณ์และวุฒิภาวะของบุคคลนั้น โดย ปรีชา วงศ์ศิริ แบ่งแนวคิดวิทยาศาสตร์ออกเป็น 3 ประเภทได้แก่

1. แนวคิดเกี่ยวกับการแบ่งประเภท (Classification concept) เป็นแนวคิดที่เป็นคำอธิบาย หรือชี้แจงคุณสมบัติ การบรรยายวัตถุหรือปรากฏการณ์นั้น ๆ เช่น ดอกไม้ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ฐานรองดอกกลีบเลี้ยงกลีบดอกเกสรตัวผู้และเกสรตัวเมีย

2. แนวคิดทางทฤษฎี (Theoretical concept) เป็นแนวคิดที่นักวิทยาศาสตร์พยายามอธิบาย คุณลักษณะของบางสิ่งบางอย่างหรือปรากฏการณ์ที่ไม่อาจสังเกตได้โดยตรงทั้งหมดแต่มีหลักฐาน เป็นเหตุผลสนับสนุนแล้วสร้างเป็นความเข้าใจของตนเอง เช่น น้ำดีในลำไส้เล็กช่วยย่อยไขมัน

3. แนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ (Correlational concept) เป็นแนวคิดที่กล่าวถึงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลนำไปใช้ในการทำนายหรือพยากรณ์เหตุการณ์ต่างๆได้ เช่น อาหารให้พลังงานทำให้ร่างกายอบอุ่น

วรรณทิพา รอดแรงคำ (2540) ได้ให้ความหมายของแนวคิดวิทยาศาสตร์ไว้ว่า แนวคิด วิทยาศาสตร์เป็นความคิดที่คนเรามีต่อสิ่งหนึ่งสิ่งใดที่ช่วยให้เข้าใจวัตถุหรือปรากฏการณ์ โดยความ เข้าใจดังกล่าวอาจแตกต่างกันไปตามแต่ละบุคคล

เอกรัตน์ ศรีตัญญู, นฤมล ยุตาคม, และ นุชจรี ประสิทธิพันธ์ (2552) ได้ให้ความหมาย ของแนวคิดวิทยาศาสตร์ไว้ว่า คือคำอธิบายของบุคคลเกี่ยวกับวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่างๆ ซึ่ง สอดคล้องกับหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน

นอกจากนี้ คณะอนุกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525) ได้ให้ความหมายของแนวคิดวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง ความคิด ความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับสิ่ง ใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งอันเกิดจากการสังเกต หรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือ เรื่องนั้นหลายๆ แบบแล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นมาประมวลเข้าด้วยกันให้เป็น ข้อสรุป หรือคำจำกัดความของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง แนวคิดทางวิทยาศาสตร์มีทั้งระดับที่เป็นรูปธรรมและ นามธรรม มีความเชื่อมโยงต่อเนื่องกัน แนวคิดหนึ่งอาจเกิดมาจากการนำแนวคิดหลายๆ แนวคิดมา สัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล และแนวคิดวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นสากล ตัวอย่าง แนวคิดที่เกี่ยวข้องกับข้อเท็จจริงต่างๆ ที่นำมาสรุป เช่น แมลง คือ สัตว์ที่มี 6 ขา น้ำแข็ง คือ น้ำที่อยู่ ในสถานะของแข็ง ส่วนแนวคิดที่เกิดจากการสรุปความสัมพันธ์ระหว่างข้อเท็จจริงของหลายสิ่ง เช่น กระแสไฟฟ้าขึ้นกับความต้านทานในวงจร สสารอาจเปลี่ยนสถานะได้ถ้าได้รับพลังงานเพิ่มขึ้น

หรือลดพลังงานลง ตัวอย่างแนวคิดที่เกิดจากการนำเอาข้อมูลหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ มาสรุปรวมเข้าด้วยกันเป็นกระบวนการต่อเนื่องตั้งแต่ความรู้เบื้องต้นไปจนกระทั่งถึงความรู้ระดับสูง เช่น แก๊สเมื่อได้รับความร้อนอนุภาคจะเคลื่อนที่เร็วขึ้น ยืนอยู่บนโครโมโซมเป็นตัวกำหนดลักษณะทางพันธุกรรม

สรุปได้ว่า แนวคิดวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจในการสรุปลักษณะที่สำคัญของวัตถุหรือปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ที่เกิดจากการสังเกตหรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นแล้วนำมาเชื่อมโยงให้มีความสัมพันธ์กันเป็นข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์

การสร้างแนวคิด

การสร้างแนวคิด เป็นการสร้างความคิด ความเข้าใจ ที่เกิดขึ้นภายในตัวบุคคลแต่ละคน ซึ่งบุคคลจะสร้างแนวคิดเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งขึ้นมาได้ เมื่อบุคคลนั้นมีประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น และนำประสบการณ์ที่มีอยู่มาเชื่อมโยงกับประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับจากการรับรู้ การสังเกต การมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งนั้น ทำให้เกิดเป็นแนวคิดเกี่ยวกับสิ่งนั้นโดยเฉพาะแยกออกจากสิ่งอื่น ซึ่งทฤษฎีที่สามารถนำมาอธิบายการสร้างแนวคิดได้ คือ ทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ (Constructivism)

วรรณทิพา รอดแรงคำ (2540) อธิบาย กระบวนการเกิดแนวคิดว่า การสร้างความรู้ หรือการสร้างแนวคิดเป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในสมองของแต่ละคน ภายใต้การควบคุมของตนเอง ในการต่อสู้กับความขัดแย้งระหว่างความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมที่มีอยู่กับประสบการณ์ใหม่ที่เกิดจากกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งประสบการณ์ใหม่ที่เกิดขึ้นจากกิจกรรมการเรียนรู้อาจเหมือนหรือแตกต่างไปจากประสบการณ์เดิม

von Glaserfeld (1989) อธิบายว่า ความรู้ไม่ได้เกิดจากการรับรู้เพียงอย่างเดียว แต่เป็นการสร้างขึ้นโดยบุคคลที่มีความรู้ความเข้าใจจากการมีส่วนร่วมในการรับรู้ โดยมีการปรับตัวและการประมวลประสบการณ์ทั้งหมดที่บุคคลเข้าไปมีส่วนร่วมในการรับรู้

Fosnot (1996) อธิบายว่า ความรู้เป็นสิ่งที่ชั่วคราว มีการพัฒนา ไม่เป็นปรนัยและถูกสร้างขึ้นในตัวคนโดยอาศัยสื่อกลางทางภาษาที่ใช้ในสังคมและวัฒนธรรม ส่วนการเรียนรู้เป็น

กระบวนการควบคุมตนเองในการต่อสู้กับความขัดแย้งที่เกิดขึ้นระหว่างประสบการณ์เดิมกับประสบการณ์ใหม่ที่แตกต่างไปจากเดิม

Brooks and Brooks (2009) อธิบายว่า การเรียนรู้เกิดจากการสร้างแนวคิด ซึ่งการสร้างแนวคิดใหม่จะต้องใช้ความรู้ ประสบการณ์ และแนวคิดเดิมมาเป็นพื้นฐาน โดยการเชื่อมโยงความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมเข้ากับความรู้ใหม่หรือประสบการณ์ใหม่ที่ผู้เรียนได้รับขณะที่เรียนรู้ โดยครูจะเป็นผู้จัดประสบการณ์ให้ผู้เรียนได้ฝึกเป็นนักคิดและนักปฏิบัติ จากการตั้งคำถาม การตอบคำถาม การแก้ปัญหาด้วยการลงมือปฏิบัติ ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนสามารถสร้างแนวคิดของตนเองให้สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ได้รับการยอมรับในปัจจุบัน

สรุปได้ว่า การสร้างแนวคิด เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในสมองของบุคคล โดยอาศัยความรู้ ประสบการณ์ และแนวคิดเดิม เพื่อเชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ใหม่ที่ได้รับ ซึ่งความรู้ใหม่ที่ได้รับอาจมีความเหมือนหรือแตกต่างจากความรู้เดิมที่มีอยู่

แนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

เนื่องจากแนวคิดเกิดจากการเชื่อมโยงความรู้ หรือประสบการณ์เดิม และความรู้หรือประสบการณ์ใหม่ ดังนั้นหากประสบการณ์เดิมไม่ถูกต้องหรือประสบการณ์ใหม่ไม่ชัดเจนอาจส่งผลให้เกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนไปจากแนวคิดวิทยาศาสตร์ได้ แนวคิดคลาดเคลื่อนจึงเป็นอุปสรรคสำคัญในการเรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์

แนวคิดคลาดเคลื่อนมาจากคำภาษาอังกฤษหลายคำ อาทิ Misconception (Griffiths and Preston, 1992) Student's alternative conception (Garnett and Hacklin., 1995) Alternative conception (Atwood and Atwood, 1996) โดยนักการศึกษาและนักจิตวิทยาได้ให้ความหมายของแนวคิดคลาดเคลื่อนสรุปได้ดังนี้

แนวคิดคลาดเคลื่อนเป็นความคิดความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องอันเนื่องมาจากการรับรู้ที่ไม่สมบูรณ์คลุมเครือ (วรรณทิพา รอดแรงคำ, 2540) ขณะที่ Griffiths and Preston (1992) อธิบายว่าแนวคิดคลาดเคลื่อน คือ แนวคิดที่มีความหมายแตกต่างไปจากแนวคิดที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์ ส่วน Gussarsky and Gorodetsky (1990) ระบุว่า แนวคิดคลาดเคลื่อน คือ กระบวนการเชื่อมโยง

แนวคิดจากประสบการณ์ในชีวิตประจำวันหรือเชื่อมโยงเนื้อหาวิทยาศาสตร์เรื่องหนึ่งกับเนื้อหาที่คลาดเคลื่อนจากอีกเรื่องหนึ่งทำให้เกิดการถ่ายทอดผิดพลาดจากเนื้อหาหนึ่งไปยังอีกเนื้อหาหนึ่งจากการตรวจสอบเอกสารสรุปได้ว่าแนวคิดคลาดเคลื่อน คือ ความเข้าใจที่ไม่ถูกต้องคลุมเครือไม่สมบูรณ์ โดยความเข้าใจนี้ขัดกับแนวคิดอันเป็นที่ยอมรับของนักวิทยาศาสตร์

จากการศึกษางานวิจัยพบว่าแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม มีดังนี้

จิตติมา สุขภินนตรี (2531) ศึกษาแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้เครื่องมือในการวิจัย คือ แบบวัดมโนทัศน์ทางชีววิทยา พบว่า นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม และคำศัพท์เฉพาะทางพันธุศาสตร์

สุรจิตรา เสริมฐักดิ์ (2547) ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้เครื่องมือในการวิจัยคือ แบบทดสอบเรื่องการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก พบว่า นักเรียนมีความสับสนในเรื่องความสัมพันธ์ระหว่างสารพันธุกรรม ยีน และโครโมโซม อีกทั้งนักเรียนไม่เข้าใจเรื่องโครงสร้างและหน้าที่ของสารพันธุกรรม

ทัศนียา รัตนฤทัย และคณะ (2549) ดำรวจแนวคิดเรื่องพันธุศาสตร์ของนักเรียนด้อยโอกาสในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้เครื่องมือในการวิจัย คือ แบบสำรวจแนวคิดพื้นฐานทางพันธุศาสตร์ซึ่งประกอบด้วยคำถามที่ให้นักเรียนเลือกตอบพร้อมทั้งอธิบายและคำถามปลายเปิดที่ให้นักเรียนตอบ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์หรือไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ เมื่อพิจารณาในแต่ละแนวคิดนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับยีน โครโมโซม แอลลีลเด่น และแอลลีลด้อย และโรคทางพันธุกรรมมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรมและโครโมโซมเพศ และไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับพันธุวิศวกรรม

จิตตินันท์ สาตะนิมิ (2550) ศึกษาแนวคิดเรื่องพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหาร โดยใช้เครื่องมือในการวิจัย คือ แบบสำรวจแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์สำหรับนักเรียนเตรียมทหาร

พบว่า เรื่องจำนวนโครโมโซมในเซลล์มนุษย์ และเรื่องจำนวนโครโมโซมในเซลล์พืช นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนมากที่สุด และยังพบว่า นักเรียนจำนวนมากมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องยีน และเรื่องลักษณะที่ควบคุมโดยยีนเด่นบนโครโมโซมร่างกาย นอกจากนี้ในเรื่องโครงสร้างของโครโมโซม เรื่องหน้าที่และความสำคัญของโครโมโซม เรื่องโครงสร้างสารพันธุกรรม เรื่องจีโนมไทป์และฟีโนไทป์ และเรื่องมิวเทชัน พบว่านักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ และแนวคิดคลาดเคลื่อน

อุษา นาคทอง และคณะ (2550) ดำรวจแนวคิดเรื่องเซลล์และกระบวนการแบ่งเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งประกอบด้วย 3 แนวคิดคือ เซลล์และโครงสร้างของเซลล์ การแพร่ และการออสโมซิสการแบ่งเซลล์ โดยใช้เครื่องมือวิจัย คือ แบบสำรวจแนวคิดนักเรียนเรื่องเซลล์และกระบวนการของเซลล์ พบว่า นักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องการแบ่งเซลล์มากที่สุด (ร้อยละ 55) รองลงมาเป็นเรื่องการแพร่ และการออสโมซิส (ร้อยละ 44) และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องเซลล์และโครงสร้างของเซลล์เป็นลำดับสุดท้าย (ร้อยละ 42)

พิกเนตร อุทัยไชย (2554) ศึกษาแนวคิดเรื่อง พันธุศาสตร์โมเลกุลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้เครื่องมือวิจัย คือ แบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องพันธุศาสตร์โมเลกุล พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องจำนวนโครโมโซม เรื่องความสัมพันธ์ระหว่างยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม เรื่องนิวคลีโอไทด์ เรื่องสมบัติของสารพันธุกรรม เรื่องมิวเทชัน และนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วนในเรื่องมิวเทชันที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงชิ้นส่วนของโครโมโซม

พอรินทร์ พุกพูนธนพัฒน์ (2555) ศึกษาแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้เครื่องมือวิจัย คือ แบบวัดแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซม พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังคงมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วนในเรื่องสมบัติของสารพันธุกรรม

Banet and Ayuso (2000) ศึกษาแนวคิดเรื่องตำแหน่งของสารพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา โดยใช้เครื่องมือวิจัย คือ แบบทดสอบเรื่องตำแหน่งของสารพันธุกรรมและการสัมภาษณ์รายบุคคล พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับตำแหน่งของสารพันธุกรรม และมีความสับสนเกี่ยวกับคำว่ายีนกับแอลลีน

Lewis *et al.* (2000) ศึกษาแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส และการปฏิสนธิ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษา โดยใช้เครื่องมือวิจัย คือ แบบวัดแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการปฏิสนธิ พบว่า นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของโครโมโซมระหว่างการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส และการปฏิสนธิ และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องบทบาทหน้าที่ของโครโมโซมในระยะต่าง ๆ ของการแบ่งเซลล์

Marbach and Stavy (2000) ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับปรากฏการณ์ทางพันธุศาสตร์ในระดับเซลล์และระดับโมเลกุลของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้เครื่องมือวิจัย คือ แบบวัดแนวคิดชนิดคำถามปลายเปิด พบว่า นักเรียนประสบปัญหาในการอธิบายปรากฏการณ์ทางพันธุศาสตร์ทั้งในระดับโมเลกุล ระดับเซลล์ และระดับที่สังเกตเห็นได้ด้วยตาเปล่า

Wood- Robison *et al.* (2000) ศึกษาแนวคิดเรื่องธรรมชาติของยีน โดยใช้เครื่องมือวิจัย คือ แบบทดสอบเรื่องยีน พบว่า นักเรียนมีความสับสนเกี่ยวกับธรรมชาติของสารพันธุกรรมในเซลล์ กระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรมจากเซลล์แม่ไปสู่เซลล์ลูก

สาเหตุการเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์

จากการศึกษางานวิจัยทางการศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดคลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ สามารถสรุปสาเหตุหลักของการเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อน ได้ดังนี้

1. ตัวนักเรียนเอง

วุฒิภาวะและพัฒนาการทางสติปัญญาของตัวนักเรียน โดยธรรมชาติของนักเรียนพยายามสร้างความคิดอย่างมีความหมาย โดยใช้ประสบการณ์ความรู้ที่ได้จากการสอนของครูและการใช้ภาษา ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับอายุของนักเรียนในการพัฒนาความคิดอย่างสมเหตุสมผลซึ่งอาจเหมือนหรือแตกต่างจากความคิดของนักวิทยาศาสตร์ (Osborne and Cosgrove, 1983)

2. ครูผู้สอน

จากงานวิจัยพบว่า ครูผู้สอนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องที่กำลังสอนหรือคลาดเคลื่อนจากแนวคิดที่ถูกต้อง ทำให้นักเรียนได้รับการถ่ายทอดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่องนั้นๆ (Longden, 1982) ซึ่งสอดคล้องกับ พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ และคณะ (2546) ที่พบว่านิสิตฝึกประสบการณ์วิชาชีพครู สาขาชีววิทยา ส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่อง สารชีวโมเลกุล โดยเข้าใจว่าดีเอ็นเอเป็นสารประเภทคาร์โบไฮเดรตหรือโปรตีน

3. การจัดการเรียนการสอน

จากการศึกษาของ ทศนียา รัตนฤทัย และคณะ (2549) พบว่า วิธีการจัดการเรียนการสอนที่ครูใช้แล้วไม่ประสบความสำเร็จในการสอนพันธุศาสตร์ คือ การสอนแบบบรรยายเนื้อหา ร่วมกับการอภิปรายของครู ซึ่งวิธีการสอนดังกล่าวทำให้นักเรียนเกิดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนได้ เพราะนักเรียนได้รับข้อเท็จจริงเพียงอย่างเดียว นักเรียนไม่ได้ลงมือปฏิบัติจริงซึ่งการลงมือปฏิบัติจะช่วยให้เด็กเกิดการเรียนรู้จากประสบการณ์ที่นักเรียนได้ปฏิบัติและพัฒนาไปสู่การสร้างแนวคิดต่อไป โดยการเรียนรู้ด้วยการอธิบายและอภิปรายเพียงอย่างเดียวไม่เหมาะสมที่จะแก้ไขหรือเปลี่ยนแปลงแนวคิดของนักเรียน เนื่องจากนักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนที่ยึดแน่นและฝังติด (Driver, Guesne and Tiberghien, 1985) ดังนั้นการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนต้องมีความหลากหลายและเป็นกิจกรรมที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน มีการช่วยเหลือกันในการเรียนรู้ และร่วมมือกันในการทำงาน ซึ่งกิจกรรมการเรียนการสอนต้องสอดคล้องกับความสนใจของนักเรียน เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ทำให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้จากรูปธรรมมากกว่านามธรรม นักเรียนสามารถเชื่อมโยงแนวคิดเดิมและแนวคิดใหม่ง่ายขึ้น ส่งผลให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ (Dewey, 1916; Abraham and Renner, 1986)

4. สื่อการสอน

เนื้อหาทางพันธุศาสตร์บางเนื้อหาที่มีลักษณะเป็นนามธรรม ไม่สามารถลงมือปฏิบัติได้ เช่น ดีเอ็นเอ ยีน โครโมโซม และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม (Brown, 1990; Lewis *et al.*, 2000) การจัดการเรียนการสอนในเนื้อหาดังกล่าวจำเป็นต้องใช้สื่อการสอนเพื่อช่วยให้นักเรียนเข้าใจเนื้อหาได้ถูกต้องและรวดเร็วยิ่งขึ้น แต่จากผลการศึกษาพบว่า สื่อการสอนที่ครูใช้ในการสอน

พันธุกรรมคือ ใบความรู้ ใบงาน และรูปภาพเท่านั้น ซึ่งสื่อการสอนดังกล่าวอาจไม่เพียงพอต่อการทำความเข้าใจของนักเรียน (ทัศนียา รัตนฤทัย และคณะ, 2549)

5. ตำราหรือหนังสือเรียน

บางแนวคิดในตำราไม่ได้ให้ความหมายทำให้นักเรียนคิดขึ้นเอง และภาษาในชีวิตประจำวันมีความแตกต่างกับภาษาวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีแนวโน้มที่จะใช้ทั้งสองภาษาในการสร้างแนวคิด (Osborne and Cosgrove, 1983; Baker, 1991) นอกจากนี้การให้ความรู้โดยใช้สัญลักษณ์ทำให้นักเรียนไม่สามารถนำความรู้ที่ได้จากสัญลักษณ์ไปสัมพันธ์กับความรู้จริงได้ (Thomson and Stewart, 1985) สำหรับการเรียนรู้แนวคิดทางพันธุกรรมนั้นมีศัพท์เฉพาะทางวิทยาศาสตร์จำนวนมาก และคำศัพท์มีการเขียนและออกเสียงใกล้เคียงกัน เช่น Homologous Homozygous Homologue คำศัพท์เหล่านี้อาจทำให้นักเรียนเกิดความสับสน และไม่สามารถเชื่อมโยงความหมายของคำศัพท์ได้ (Knipple, Waarlo, and Boersma, 2005; Bahar, 1999)

จากการศึกษาสาเหตุของแนวคิดที่คลาดเคลื่อนดังกล่าวข้างต้นอาจกล่าวได้ว่าระดับสติปัญญา วุฒิภาวะ และอายุของนักเรียน ในการรับรู้ยังมีความหมายที่เก็บสะสมไว้เป็นประสบการณ์เดิมนั้นมีน้อยไม่เพียงพอที่จะสร้างจินตภาพได้ ประกอบกับประสบการณ์ที่ได้รับจากการเรียนในห้องเรียน เช่น การสอนของครู ตำราเรียนที่ไม่ถูกต้อง เมื่อนำไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมทำให้เกิดการแยกแยะและสรุปแนวคิดผิดพลาดไปจากที่นักวิทยาศาสตร์ยอมรับ หรือนำภาษาที่ใช้ในชีวิตประจำวันมาแทนภาษาทางวิทยาศาสตร์จึงส่งผลให้เกิดแนวคิดคลาดเคลื่อน ดังนั้นครูจึงมีบทบาทสำคัญยิ่งในการช่วยให้นักเรียนเกิดการเชื่อมโยงประสบการณ์ใหม่กับความรู้และประสบการณ์เดิมเพื่อให้เกิดเป็นแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์

การศึกษาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

การสำรวจแนวคิดของนักเรียนก่อนและหลังเรียนนั้นจะช่วยให้ครูทราบว่านักเรียนมีแนวคิดเดิมในเรื่องที่ครูจะสอนอย่างไร โดยหากนักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อน ครูจะได้ออกแบบกิจกรรมการเรียนรู้เพื่อช่วยปรับเปลี่ยนแนวคิดของนักเรียนได้อย่างเหมาะสมภายหลังการสอนเสร็จสิ้น การตรวจสอบแนวคิดของนักเรียนอีกครั้งจะทำให้ทราบว่า การสอนนั้นบรรลุวัตถุประสงค์มากน้อยเพียงใด และควรดำเนินการแก้ไขปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ต่อไปโดยหาก

นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ สิ่งที่นักเรียนต้องสามารถทำได้ คือ 1) ระบุหรือเรียกชื่อแนวคิดนั้นได้ 2) บอกลักษณะของแนวคิดนั้นได้ 3) จำแนก คัดเลือก ยกตัวอย่าง และระบุสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่างของแนวคิดนั้นได้ 4) อธิบายและสรุปความหมายของแนวคิดนั้นได้ตนด้วยภาษาของตนเอง (พันธ์ ทองชุมนุญ, 2547)

วิธีในการสำรวจแนวคิดมีหลายวิธีด้วยกัน ได้แก่ การใช้แบบทดสอบชนิดคำถามปลายเปิด การใช้แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ การสัมภาษณ์ การใช้แผนผังแนวคิด โดยในการวิจัยนี้ใช้แบบทดสอบชนิดคำถามปลายเปิด และแบบทดสอบชนิดเลือกตอบแบบสองชั้น เนื่องจากแบบวัดชนิดนี้ทำให้ทราบแนวคิดของผู้เรียนในเชิงลึกได้ โดยรายละเอียดของวิธีการนี้มีดังนี้

1. แบบทดสอบชนิดคำถามปลายเปิด

เป็นการสำรวจโดยใช้แบบทดสอบแบบคำถามปลายเปิด ซึ่งใช้ได้ทั้งวัดผลการเรียนรู้และแนวคิด ที่ผู้ตอบสามารถตอบคำถามได้อย่างอิสระ ด้วยภาษา และความคิดของตนเอง ข้อดีของแบบวัดแนวคิดชนิดนี้ คือ สร้างข้อคำถามได้ง่าย ใช้เวลาน้อย และสามารถวัดข้อมูลเชิงลึกได้ แต่มีข้อจำกัดในการหาข้อสรุป เพราะคำตอบที่ได้มักจะกระจัดกระจาย (บุญธรรม กิจปรีดาภิสุทธิ์, 2542; ขวลิขิต ชูคำแพง, 2550; ภพ เลหาไพบุลย์, 2542) แบบวัดคำถามปลายเปิด ประกอบด้วย 2 ส่วนคือ ส่วนของข้อคำถาม และส่วนของคำตอบ โดยนักเรียนตอบแสดงเหตุผลประกอบ และสามารถวิเคราะห์คำตอบโดยมีการจัดคำตอบที่มีลักษณะเหมือนกันไว้ในกลุ่มเดียวกันตามเกณฑ์ที่กำหนดดังที่ Lawson and Thomson (1988) ที่ศึกษาแนวคิดเรื่องพันธุกรรมและการคัดเลือกโดยธรรมชาติ พิกเนตร อุทัยไชย (2554) ที่ศึกษาแนวคิดเรื่องพันธุศาสตร์โมเลกุลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 และ ณัฐพงศ์ แดงเพชร (2556) ที่ศึกษาแนวคิดเรื่องการรับรู้และตอบสนองของสิ่งมีชีวิตกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยใช้แบบวัดแนวคิดที่เป็นคำถามปลายเปิด

2. แบบทดสอบเลือกตอบสองชั้น (two-tier multiple-choice test)

แบบทดสอบเลือกตอบสองชั้นเป็นเครื่องมือที่ใช้ในการตรวจสอบแนวคิดของผู้เรียนที่สามารถระบุได้ว่าผู้เรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนหรือไม่อย่างไร ลักษณะของแบบทดสอบจะมี 2 ส่วนคือ ส่วนของข้อสอบแบบหลายตัวเลือก และส่วนของกลุ่มของเหตุผลต่าง ๆ สำหรับข้อคำถามในส่วนแรก ซึ่งคำตอบทั้งสองส่วนจะต้องมีทั้งคำตอบที่ถูกต้อง และคำตอบที่แสดงแนวคิดที่

คลาดเคลื่อนของผู้เรียน (Treagust, 2006) ข้อดีของแบบวัดแนวคิดชนิดนี้ คือ สามารถวัดแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนได้ เพราะสามารถลดการเดาของนักเรียนในการทำแบบทดสอบ สามารถใช้กับนักเรียนจำนวนมาก สะดวกต่อการตรวจและวิเคราะห์ข้อมูล ดังที่ Fisher (1985) และ Rotbain, Marbach-Ad and Stavy (2008) ศึกษาแนวคิดเรื่องพันธุศาสตร์โมเลกุลของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยใช้แบบทดสอบแบบเลือกตอบสองชั้นและการสัมภาษณ์แบบกึ่งโครงสร้าง และ พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ และคณะ (2546) ศึกษาแนวคิดเรื่องวิวัฒนาการของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ถึงระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้แบบทดสอบแบบเลือกตอบสองชั้น ร่วมกับการสัมภาษณ์เชิงลึก

การจัดกลุ่มแนวคิด

นักการศึกษาในต่างประเทศหลายท่านได้กำหนดแนวทางในการจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนไว้แตกต่างกันสรุปได้เป็น 3 รูปแบบคือ 1) การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 4 กลุ่ม (ทัศนียา รัตนาฤทัย และคณะ, 2549; Marek, Eubanks and Gallaher, 1990; Brickhouse *et al.*, 2000) 2) การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 5 กลุ่ม (สิรินภา กิจเกื้อกูล และคณะ, 2549; Abraham, Williamson and Westbrook, 1994; Atwood and Atwood, 1996; Haidar, 1997) 3) การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 6 กลุ่ม (Abraham *et al.*, 1992; Noh and Scharman, 1997) โดยการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยเลือกใช้เกณฑ์การจัดกลุ่มแบบ 5 กลุ่ม (Haidar, 1987) เนื่องจากสามารถแบ่งกลุ่มของแนวคิดได้ละเอียดในทุกกรณี และสามารถจำแนกแนวคิดของนักเรียนได้อย่างชัดเจน เพื่อให้ผลวิจัยที่ออกมาตรงกับความเข้าใจของนักเรียนมากที่สุด โดยมีรายละเอียดของการแบ่งกลุ่ม 5 แนวคิดเป็น 5 กลุ่ม ดังนี้

1. แนวคิดถูกต้อง (Scientific Conception) หมายถึง คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด
2. แนวคิดถูกต้องบางส่วน (Partial Conception) หมายถึง คำตอบที่อย่างน้อยหนึ่งองค์ประกอบที่เป็นไปตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ส่วนองค์ประกอบอื่น ๆ ไม่กล่าวถึง
3. แนวคิดคลาดเคลื่อน (Partial Conception and Complete Misconception) หมายถึง คำตอบที่บางองค์ประกอบมีแนวคิดถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และบางองค์ประกอบมีแนวคิดไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

4. แนวคิดไม่ถูกต้อง (Complete Misconception) หมายถึง คำตอบที่อธิบายเกี่ยวกับเรื่อง ที่ถามแต่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

5. ไม่มีแนวคิด (No Response) หมายถึง อธิบายไม่เกี่ยวข้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ในเรื่องที่ถามหรือตอบว่าไม่ทราบ

แนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมในหลักสูตรวิทยาศาสตร์

แนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมเป็นแนวคิดที่มีความสำคัญยิ่งในสังคมปัจจุบัน เนื่องจากเป็นพื้นฐานความรู้ทางพันธุศาสตร์ในประเทศไทยเนื้อหา เรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมบรรจุอยู่ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษา ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในสาระที่ 1: สิ่งมีชีวิตกับ กระบวนการดำรงชีวิต และสาระที่ 8: ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยมีรายละเอียด ของแนวคิดดังแสดงในตารางที่ 1

ตารางที่ 1 สาระที่ 1 และ 8 และมาตรฐานการเรียนรู้ ม.4-ม. 6

สาระที่	มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4-ม.6
สาระที่ 1 มาตรฐาน ว 1.2: เข้าใจ กระบวนการและความสำคัญของ การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความ หลากหลายทางชีวภาพ การใช้ เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลต่อมนุษย์ และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบ เสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไป ใช้ประโยชน์	1. อธิบายกระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรม การแปรผันทาง พันธุกรรม มิวเทชัน และการเกิดความหลากหลายทางชีวภาพ 2. สืบค้นข้อมูล และอภิปรายผลของเทคโนโลยีชีวภาพที่มีต่อมนุษย์และ สิ่งแวดล้อมและนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ 3. สืบค้นข้อมูล และอภิปรายผลของความหลากหลายทางชีวภาพที่มีต่อ มนุษย์และสิ่งแวดล้อม 4. อธิบายกระบวนการคัดเลือกโดยธรรมชาติ และผลของการคัดเลือก ตามธรรมชาติ ต่อความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต

ตารางที่ 1 (ต่อ)

สาระที่	มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4-ม.6
สาระที่ 8 มาตรฐาน ว 8.1: ใช้กระบวนการทาง	
วิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้การแก้ปัญหาว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอนสามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์เทคโนโลยีสังคมและสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน	- ตั้งคำถามที่อยู่บนพื้นฐานของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หรือสนใจหรือจากประเด็นที่เกิดขึ้นในขณะนั้น ที่สามารถทำการสำรวจตรวจสอบหรือศึกษาค้นคว้าได้อย่างครอบคลุมและน่าเชื่อถือ - สร้างสมมุติฐานที่มีทฤษฎีรองรับหรือคาดการณ์สิ่งที่จะพบ หรือสร้างแบบจำลอง หรือสร้างรูปแบบเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ - ค้นคว้ารวบรวมข้อมูลที่ต้องพิจารณาปัจจัย หรือตัวแปรสำคัญ ปัจจัยที่มีผลต่อปัจจัยอื่น ปัจจัยที่ควบคุมไม่ได้และจำนวนครั้งของการสำรวจตรวจสอบ เพื่อให้ได้ผลที่มีความเชื่อมั่นอย่างพอเพียง - เลือกวัสดุ เทคนิควิธี อุปกรณ์ที่ใช้ในการสังเกต การวัด การสำรวจตรวจสอบอย่างถูกต้องทั้งทางกว้างและทางลึกในเชิงปริมาณ - เก็บรวบรวมข้อมูล และบันทึกผลการสำรวจตรวจสอบอย่างเป็นระบบถูกต้อง ครอบคลุมทั้งในเชิงปริมาณและเชิงคุณภาพ โดยตรวจสอบความเป็นไปได้ ความเหมาะสม หรือความผิดพลาดของข้อมูล - จัดกระทำข้อมูล โดยคำนึงถึงการแสดงผลเชิงตัวเลขที่มีระดับความถูกต้อง และนำเสนอข้อมูลด้วยเทคนิควิธีที่เหมาะสม - วิเคราะห์ข้อมูล แปลความหมายข้อมูล และประเมินความสอดคล้องของข้อมูล หรือสาระสำคัญ เพื่อตรวจสอบกับสมมุติฐานที่ตั้งไว้ - สร้างแบบจำลอง หรือสร้างรูปแบบ หรือแบบจำลองเชิงคณิตศาสตร์ หรือระบุแนวโน้มของความสัมพันธ์ของข้อมูลที่ได้ผลจากการสำรวจตรวจสอบ - พิจารณาความน่าเชื่อถือของวิธีการ และผลการสำรวจตรวจสอบ โดยใช้หลักความคลาดเคลื่อนของการวัดและการสังเกต เสนอแนะการปรับปรุงวิธีการสำรวจตรวจสอบ - นำเสนอผลของการสำรวจตรวจสอบที่ได้ทั้งวิธีการและองค์ความรู้ที่ได้ไปสร้างคำถามใหม่ นำไปใช้แก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ และในชีวิตจริง - ตระหนักถึงความสำคัญในการที่จะต้องมีส่วนร่วมรับผิดชอบ อธิบาย การลงความเห็นและการสรุปผลการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่นำเสนอต่อสาธารณชนด้วยความถูกต้อง

ตารางที่ 1 (ต่อ)

สาระที่	มาตรฐานการเรียนรู้ช่วงชั้น ม.4-ม.6
	12. บันทึกและอธิบายผลการสำรวจตรวจสอบอย่างมีเหตุผล ใช้พยานหลักฐานอ้างอิงที่เชื่อถือได้ และอาจยอมรับว่าความรู้เดิมอาจมีการเปลี่ยนแปลงได้ เมื่อมีข้อมูลและประจักษ์พยานใหม่เพิ่มเติมหรือโต้แย้งจากเดิม ซึ่งท้าทายให้มีการตรวจสอบอย่างระมัดระวังอันจะนำมาสู่การยอมรับเป็นความรู้ใหม่ 13. จัดแสดงผลงาน เขียนรายงาน และ/หรือ อธิบายเกี่ยวกับแนวคิด กระบวนการ หรือผลของโครงการหรือชิ้นงานให้ผู้อื่นเข้าใจ

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

สสวท. (2546) ได้ให้ความหมายของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้นักเรียนมีส่วนร่วมในการสร้างความรู้ด้วยตนเอง นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติเพื่อสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง และมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับกิจกรรม นักเรียนกับนักเรียน และนักเรียนกับครู

สมบัติ การจนารักพงศ์ และคณะ (2549) กล่าวว่า กิจกรรมการเรียนรู้แบบ inquiry cycle หมายถึง กิจกรรมที่จัดการเรียนรู้ตามแนวทาง constructivism โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ได้แก่ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมิน

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2550) ให้ความหมายว่า เป็นการจัดการเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญโดยให้ผู้เรียนเป็นผู้หาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยครูจะทำหน้าที่เป็นผู้คอยอำนวยความสะดวกให้กับผู้เรียน

Lawson (2001) แสดงแนวคิดเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ว่า เป็นวิธีสอนรูปแบบหนึ่งที่มีกระบวนการสอนอย่างหลากหลาย เช่น การทดลอง การตั้งคำถาม การ

สาธิต การทำงานเป็นกลุ่ม การสำรวจศึกษา การนำเทคโนโลยีมาใช้ในการจัดการเรียนการสอน เพื่อให้เกิดความเป็นรูปธรรมซึ่งจะทำให้ให้นักเรียนเกิดความเข้าใจในบทเรียนมากกว่าการท่องจำ

National Science Education Standards (2000) กล่าวว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ คือ วิธีการที่หลากหลายที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการศึกษาธรรมชาติ และอธิบายผล ด้วยหลักฐานต่าง ๆ รวมถึงกิจกรรมที่พัฒนาความรู้ความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับแนวคิดทาง วิทยาศาสตร์ และความเข้าใจเกี่ยวกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ โดยการสืบเสาะหาความรู้ทาง วิทยาศาสตร์ถือเป็นหัวใจสำคัญของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

สรุปได้ว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง การจัดการเรียนรู้ที่มุ่งเน้นให้ นักเรียนมีส่วนร่วมในการสร้างความรู้ด้วยตนเอง นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติเพื่อสืบเสาะหาความรู้ด้วย ตนเอง และมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับกิจกรรม นักเรียนกับนักเรียน และนักเรียนกับครู

รูปแบบของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในวิทยาศาสตร์มีหลายรูปแบบ ดังนี้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ใน National Science Education Standards (NRC., 2000) มีลักษณะสำคัญดังนี้

1. มีการกระตุ้นความสนใจให้ผู้เรียนเกิดความสนใจที่จะเรียนรู้
2. เปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สำรวจตรวจสอบผ่านกิจกรรมที่ให้ลงมือปฏิบัติ โดยใช้การ สังเกต การตั้งสมมติฐาน และทดสอบสมมติฐาน การแก้ปัญหา การสร้างคำอธิบายจากหลักฐาน และข้อมูลที่ทำให้การสังเกต
3. ผู้เรียนได้วิเคราะห์ข้อมูลและตีความหมายข้อมูล แล้วนำข้อมูลมาสังเคราะห์ด้วย ตนเอง และสร้างคำอธิบายให้มีแนวคิดที่ชัดเจน และอธิบายร่วมกับครู และเชื่อมโยงคำอธิบายของ ตนเองกับแหล่งข้อมูลความรู้ทางวิทยาศาสตร์อื่น ๆ

4. ผู้เรียนได้ขยายความรู้ที่เกิดจากความเข้าใจด้วยตนเองและมีความสามารถในการประยุกต์ใช้ความรู้เมื่อพบกับสถานการณ์ใหม่

5. ผู้เรียนและครูร่วมกันทบทวนและประเมินสิ่งที่เรียนรู้และวิธีการเรียนรู้สิ่งนั้น

Bybee *et al.* (2006) กล่าวถึงรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ว่าเป็นรูปแบบการสอนที่ให้ความสำคัญกับการสำรวจ และทำความเข้าใจความรู้เดิมของนักเรียน เน้นจัดประสบการณ์เรียนรู้ที่กระตุ้นให้นักเรียนใคร่ครวญ และตั้งคำถามเกี่ยวกับความรู้เดิมของตนเอง (Reconsider) เพื่อนำไปสู่การปรับเปลี่ยนแนวคิด โดยมีลำดับขั้นดังต่อไปนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นขั้นที่ครูใช้ยุทธวิธีในการดึงดูดความสนใจของนักเรียน (catch student interest) ในเรื่องที่จะสอน
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่ครูให้นักเรียนทำกิจกรรมเพื่อค้นพบข้อความรู้ ตรวจสอบแนวคิด แสวงหาคำตอบด้วยการลงมือปฏิบัติและสร้างความหมาย (Hands-on/Minds - on)
3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นที่ครูกระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันสร้างความหมายของข้อมูลที่ได้จากขั้นสำรวจและค้นหา ฝึกคิดวิเคราะห์ สังเคราะห์ นักเรียนร่วมกันอภิปรายแลกเปลี่ยนข้อมูล และสร้างข้อสรุปร่วมกัน
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่อธิบายลงลึกและเชื่อมโยงความรู้ประสบการณ์ ทำให้นักเรียนมีความเข้าใจแนวคิดอย่างลึกซึ้งและสามารถเชื่อมโยงความรู้ได้
5. ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นขั้นที่ครูตรวจสอบการเรียนรู้ของนักเรียน โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อตัดสินหรือสนับสนุนการเรียนรู้

Eisenkraft (2003: 56-59) ได้เสนอรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้วิทยาศาสตร์เพิ่มเติมจาก 5 ขั้นของ Bybee *et al.* เป็น 7 ขั้น โดยเน้นการถ่ายโอนการเรียนรู้และให้ความสำคัญเกี่ยวกับการตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน ซึ่งเป็นสิ่งที่ครูละเลยไม่ได้และการตรวจสอบความรู้พื้นฐานเดิม

ของนักเรียนจะทำให้ครูค้นพบว่านักเรียนต้องเรียนรู้อะไรก่อน ก่อนที่จะเรียนรู้ในเนื้อหาบทเรียนนั้นๆ ซึ่งจะช่วยให้เด็กเกิดการเรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ โดยมีลำดับขั้นดังต่อไปนี้

1. ขั้นตรวจสอบความรู้เดิม (Elicitation) ครูจะต้องทำหน้าที่ในการตั้งคำถาม เพื่อกระตุ้นให้เด็กได้แสดงความรู้เดิม คำถามอาจจะเป็นประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นตามสภาพสังคมท้องถิ่น หรือประเด็นข้อค้นพบทางวิทยาศาสตร์ การนำวิทยาศาสตร์มาใช้ในการชีวิตประจำวัน และเด็กสามารถเชื่อมโยงการเรียนรู้ไปยังประสบการณ์ที่ตนมี ทำให้ครูได้ทราบว่าเด็กแต่ละคนมีความรู้พื้นฐานเป็นอย่างไร ครูควรเติมเต็มส่วนใดให้กับนักเรียน และครูยังสามารถวางแผนการจัดการเรียนรู้ได้อย่างเหมาะสม สอดคล้องกับความต้องการของนักเรียน

2. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่เนื้อหาในบทเรียน หรือเรื่องที่ น่าสนใจ ซึ่งอาจเกิดจากความสนใจของนักเรียน หรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่ น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นในช่วงเวลานั้น หรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่ เด็กเพิ่งเรียนรู้มาแล้ว ครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามช่วยให้นักเรียนเกิดความอยากรู้อยากเห็น และกำหนดประเด็นที่จะศึกษาให้กับนักเรียน ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นที่น่าสนใจครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่างๆ เช่น หนังสือพิมพ์ วารสาร อินเทอร์เน็ต ซึ่งทำให้นักเรียนเกิดความคิดขัดแย้งจากสิ่งที่นักเรียนเคยรู้มาก่อนครูเป็นผู้ที่ทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนคิดโดยเสนอประเด็นที่สำคัญขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่ให้นักเรียนศึกษา เพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบในขั้นตอนต่อไป

3. ขั้นสำรวจค้นหา (Exploration) เมื่อนักเรียนทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว วางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติ เพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อสังเกตหรือปรากฏการณ์ต่างๆ วิธีการตรวจสอบ อาจทำได้หลายวิธี เช่น สืบค้นข้อมูล สำรวจ ทดลอง กิจกรรมภาคสนาม เพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างพอเพียง ครูทำหน้าที่กระตุ้นให้นักเรียนตรวจสอบปัญหาและดำเนินการสำรวจตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง

4. ขั้นอธิบาย (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลมาแล้วนักเรียนก็นำข้อมูลเหล่านั้นมาทำการวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่างๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลอง รูปวาด ตาราง กราฟ ฯลฯ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนเห็นแนวโน้มหรือความสัมพันธ์ของข้อมูล สรุปและ

อภิปรายผลการทดลอง โดยอ้างอิงประจักษ์พยานอย่างชัดเจนเพื่อนำเสนอแนวคิดต่อไป ขั้นนี้จะทำให้นักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ใหม่ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐาน แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปแบบใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยนักเรียนได้เกิดการเรียนรู้

5. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดเดิมที่ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องราวต่างๆ ได้มาก แสดงว่ามีข้อจำกัดน้อย ซึ่งช่วยให้เชื่อมโยงเกี่ยวกับเรื่องราวต่างๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น ครูควรจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ให้นักเรียนมีความรู้มากขึ้น และขยายกรอบแนวคิดของตนเองและต่อเติมให้สอดคล้องกับประสบการณ์เดิม ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนตั้งประเด็นเพื่ออภิปรายและแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมให้ชัดเจนมากยิ่งขึ้น

6. ขั้นประเมินผล (evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่างๆ ว่านักเรียนรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด ขั้นนี้จะช่วยให้นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้มา ประมวลและปรับประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ ได้ ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนใช้ความรู้ใหม่ที่ได้ไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมและสร้างเป็นองค์ความรู้ใหม่ นอกจากนี้ครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบความเข้าใจซึ่งกันและกัน

7. ขั้นนำความรู้ไปใช้ (extention) ครูต้องมีการจัดเตรียมโอกาสให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปปรับประยุกต์ใช้ให้เหมาะสมและเกิดประโยชน์ต่อชีวิตประจำวัน ครูเป็นผู้ทำหน้าที่กระตุ้น (facillitator) ให้นักเรียนสามารถนำความรู้ไปสร้าง ความรู้ใหม่

สสวท.ได้แบ่งกระบวนการสืบเสาะหาความรู้เป็น 5 ขั้นตอนดังนี้ (สสวท., 2546: 210-220)

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) การนำเข้าสู่บทเรียน หรือเรื่องที่สนใจซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรือเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เป็นเรื่องที่นำสนใจจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นในช่วงเวลานั้นๆ หรือเป็นเรื่องที่สามารถเชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เรียนรู้อยู่แล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ถ้าในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดน่าสนใจ ครูอาจเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน

ให้ตั้งคำถาม เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจ และนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับจึงให้เป็นประเด็นที่ต้องการศึกษา และร่วมกันกำหนดขอบเขตแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจ จะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว จึงมีการวางแผน กำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ ซึ่งอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรม ภาควิชา การใช้อุปกรณ์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูลที่ได้อธิบาย แปรผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ ซึ่งผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้โดยต้องมีหลักฐานและเหตุผลรองรับ

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิม และแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์ หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5. ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่า นักเรียนมีความรู้ะไรบ้างอย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ ซึ่งจะก่อให้เกิดประเด็นหรือคำถามหรือปัญหาที่จะต้องสำรวจตรวจสอบต่อไปทำให้เกิดเป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องกันไปเรื่อยๆ จึงเรียกว่า inquiry cycle กระบวนการสืบเสาะหาความรู้จะช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งเนื้อหาหลัก และหลักการทฤษฎีตลอดจนการลงมือปฏิบัติเพื่อให้ได้ความรู้ซึ่งจะเป็นพื้นฐานในการเรียนรู้ต่อไป

ในการทำวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางของ สสวท. (2546) เนื่องจาก สสวท. เป็นหน่วยงานหลักที่ได้ให้ข้อเสนอแนะในการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ของประเทศไทย ดังนั้นรูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ของ สสวท. จึงมีความเหมาะสมกับบริบทของห้องเรียนในประเทศไทย นอกจากนี้พบว่าจากการศึกษางานวิจัยที่ผ่านมาได้มีการใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ของ สสวท. ที่พบว่าสามารถพัฒนาแนวคิด

วิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ อย่างไรก็ตาม พบว่า ยังไม่มีงานวิจัยที่ได้นำรูปแบบการสอนนี้มาใช้ในการพัฒนาแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม รวมทั้งศึกษาเทคนิคของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

ระดับของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

Throwbridge and Bybee (1996) และ Carin (1997) ได้แบ่งการสืบเสาะหาความรู้เป็น 2 ระดับตามบทบาทครูและนักเรียน คือ

1. การสืบเสาะแบบแนะแนวทาง (guided inquiry) ครูเตรียมข้อมูลพื้นฐานใช้คำถามและกระตุ้นให้นักเรียนหาวิธีการแก้ปัญหาครูเป็นผู้คอยให้คำแนะนำช่วยเหลือให้นักเรียนคิดวิธีการทดลองที่เป็นไปได้
2. การสืบเสาะแบบอิสระ (free inquiry) นักเรียนระบุสิ่งที่จะเรียนเองหลังจากเรียนเกี่ยวกับวิธีการปัญหาและมีความรู้ในเนื้อหาวิชาที่เรียนเพียงพอแล้ว

ส่วน Carin and Sund (1980 อ้างใน พิมพันธ์ เดชะคุปต์, 2550) ได้แบ่งการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้เป็น 3 ระดับ โดยใช้บทบาทของครูและนักเรียนเป็นเกณฑ์ ดังนี้

1. guided-inquiry เป็นวิธีสอนที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหาวางแผนการทดลองเก็บรวบรวมข้อมูลและเตรียมอุปกรณ์ต่างๆ โดยผู้เรียนทำหน้าที่ทำการทดลองตามกิจกรรมตามแนวทางที่กำหนดไว้
2. less guided-inquiry เป็นวิธีการสอนที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหาหรือร่วมกันกำหนดปัญหาพร้อมกับผู้เรียน แต่ผู้เรียนจะเป็นผู้วางแผนหาวิธีการแก้ปัญหาด้วยตนเองโดยเริ่มตั้งแต่การตั้งสมมติฐาน วางแผนการทดลอง ทำการทดลอง วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลอง โดยมีครูเป็นผู้อำนวยความสะดวก

3. unguided-inquiry เป็นวิธีการสอนที่ผู้เรียนเป็นผู้กำหนดปัญหาด้วยตัวเอง ตลอดจนถึงการวางแผนการทดลอง ดำเนินการทดลอง เก็บข้อมูล วิเคราะห์ และสรุปผลการทดลองด้วยตนเอง ซึ่งวิธีนี้ผู้เรียนจะมีอิสระเต็มที่ในการศึกษาตามความสนใจ ครูเป็นเพียงผู้กระตุ้นเท่านั้น โดยอาจจะใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนกำหนดปัญหาได้ ซึ่งอาจจะเรียกวิธีการนี้ว่า วิธีสืบเสาะแบบอิสระ (free inquiry)

ในงานวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในระดับ Guided-inquiry ตามแนวทางของ สสวท. (2546) เพราะแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม เป็นแนวคิดที่ยากสำหรับนักเรียนในการกำหนดปัญหา สถานการณ์ต่าง ๆ ด้วยตนเอง ดังนั้นผู้วิจัยและครูผู้ร่วมวิจัยจึงเป็นผู้วางแผนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้

บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การที่จะจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ให้ประสบความสำเร็จนั้น ครูผู้สอนจะต้องเปลี่ยนบทบาทจากผู้ถ่ายทอดความรู้ไปสู่การเป็นผู้จัดการเรียนรู้ โดยทำหน้าที่อำนวยความสะดวก ให้คำปรึกษาแนะนำแก่ผู้เรียน ส่วนผู้เรียนเองก็มีบทบาทสำคัญที่จะทำให้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ประสบผลสำเร็จ (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2550; NRC, 2000) ซึ่งสามารถสรุปได้ดังตารางที่ 2

ตารางที่ 2 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน

ขั้นตอน	บทบาทของครูและนักเรียน	
	ครู	นักเรียน
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)	- สร้างความสนใจ - สร้างความอยากรู้อยากเห็น - ตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด - ดึงเอาคำตอบที่ยังไม่ครอบคลุมสิ่งที่นักเรียนรู้หรือแนวคิดหรือเนื้อหา	- ถามคำถาม เช่น เพราะเหตุใดสิ่งนี้จึงเกิดขึ้น หรือสิ่งนี้เกิดขึ้นได้อย่างไร - แสดงความสนใจ
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration)	- ส่งเสริมให้นักเรียนทำงานร่วมกันในการสำรวจตรวจสอบ - สังเกตและฟังการโต้ตอบกันระหว่าง	- คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรม - ทดสอบการคาดคะเน

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ขั้นตอน การเรียนการสอน	บทบาทของครูและนักเรียน	
	ครู	นักเรียน
	นักเรียนกับนักเรียน - ซักถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบของนักเรียน - ใ้เวลานักเรียนในการคิดข้อสงสัยตลอดจนปัญหาต่างๆ - ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแก่นักเรียน	และสมมติฐานใหม่ - พยายามหาทางเลือกในการแก้ปัญหาและอภิปรายทางเลือกเหล่านั้นกับคนอื่น - บันทึกการสังเกต ให้ข้อคิดเห็นและลงข้อสรุป
3. ขั้นอธิบายและ ลงข้อสรุป (Explanation)	ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายแนวคิดหรือให้คำจำกัดความด้วยคำพูดของตนเอง - ใ้ให้นักเรียนแสดงหลักฐาน ให้เหตุผลและอธิบายให้กระจ่าง - ใ้ให้นักเรียนอธิบาย ให้คำจำกัดความและชี้บอกส่วนต่างๆ ในแผนภาพ - ใ้ให้นักเรียนใช้ประสบการณ์เดิมของตนเป็นพื้นฐานในการอธิบายแนวคิด	อธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่เป็นไปได้ - ฟังคำอธิบายของคนอื่นอย่างวิเคราะห์ - ถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นได้อธิบาย - ฟังและพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ครูอธิบาย
4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)	- คาดหวังใ้ให้นักเรียนใช้ประโยชน์จากการชี้บอกส่วนประกอบต่างๆ ในแผนภาพ คำจำกัดความ และอธิบายสิ่งที่เรี้นรู้มาแล้ว - ส่งเสริมใ้ให้นักเรียนนำสิ่งที่นักเรียนได้เรี้นรู้ไปประยุกต์ใช้หรือขยายความรู้ และทักษะในสถานการณ์ใหม่ - ใ้ให้นักเรียนอธิบายอย่างมีความหมาย - ใ้ให้นักเรียนอ้างอิงข้อมูลที่มีอยู่พร้อมทั้งแสดงหลักฐานและถามคำถามว่านักเรียนได้เรี้นรู้อะไรบ้าง	- นำข้อมูลที่ได้จากแผนภาพ คำจำกัดความ คำอธิบาย และทักษะไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม - ใช้ข้อมูลเดิมในการถามคำถามกำหนดจุดประสงค์ในการแก้ปัญหาตัดสินใจ และออกแบบการทดลอง - ลงข้อสรุปอย่างสมเหตุสมผลจากหลักฐานที่ปรากฏ - บันทึกและสังเกตการณ์อธิบาย - ตรวจสอบความเข้าใจกับเพื่อน
5. ขั้นประเมิน (Evaluation)	- สังเกตนักเรียนในการนำความคิดรวบยอดและทักษะใหม่ไปประยุกต์ใช้ - ประเมินความรู้และทักษะของนักเรียน - หาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนได้เปลี่ยนแนวคิดหรือพฤติกรรม	- ตอบคำถามปลายเปิดโดยใช้การสังเกต หลักฐาน คำอธิบายที่ยอมรับมาแล้ว - แสดงออกถึงความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดหรือ

ตารางที่ 2 (ต่อ)

ขั้นตอน การเรียนการสอน	บทบาทของครูและนักเรียน	
	ครู	นักเรียน
	- ให้นักเรียนประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้ และทักษะกระบวนการกลุ่ม - ถามคำถามปลายเปิด เช่น เพราะเหตุใด นักเรียนจึงคิดเช่นนั้น	ทักษะวิทยาศาสตร์ - ประเมินความก้าวหน้าหรือความรู้ ด้วยตนเอง - ถามคำถามที่เกี่ยวข้องเพื่อส่งเสริม ให้มีการสำรวจตรวจสอบต่อไป

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยในประเทศ

อาทิตยา จิตรเอื้อเฟื้อ (2551) ศึกษาการส่งเสริมแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมี
วิจารณญาณในเรื่องการตอบสนองของพืชของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยวิธีการสืบเสาะหา
ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้เครื่องมือในการวิจัย คือ แบบสำรวจแนวคิดเรื่องการตอบสนองของ
พืช พบว่ากิจกรรมการสืบเสาะหาความรู้ช่วยให้นักเรียนพัฒนาความรู้ความเข้าใจและการให้เหตุผล
ที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดเรื่องการตอบสนองของพืช โดยนักเรียนมีการพัฒนาแนวคิดที่สอดคล้องกับ
แนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นและมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนลดลง

ขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์ (2553) ศึกษาการพัฒนาแนวคิดเรื่องระบบต่อมไร้ท่อและความ
เข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบ
สืบเสาะหาความรู้ โดยใช้เครื่องมือวิจัย คือ แบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับระบบต่อมไร้ท่อ พบว่า การ
จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับระบบ
ต่อมไร้ท่อมากขึ้น จำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์บางส่วนและคลาดเคลื่อน และ
แนวคิดคลาดเคลื่อนมีจำนวนลดลง

พิศเนตร อุทัยไชย (2553) ศึกษาการพัฒนาแนวคิดเรื่องพันธุศาสตร์โมเลกุลของนักเรียน
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้เครื่องมือในการวิจัย คือ
แบบวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องพันธุศาสตร์โมเลกุล พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิด

คลาดเคลื่อนและเมื่อจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ให้นักเรียนพบว่านักเรียนมีแนวคิดแบบ สมบูรณ์และนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนมีจำนวนลดลง แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบ สืบเสาะสามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องพันธุศาสตร์โมเลกุลได้

เนตรดาว นุ่มเกลี้ยง (2554) ศึกษาแนวคิดและความคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช ที่เรียนรู้จากการจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้เครื่องมือวิจัย คือ แบบวัดแนวคิดเรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการ ดำรงชีวิตของพืช พบว่า หลังเรียนนักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์เรื่องความหมายและรูปร่าง ลักษณะของเซลล์ โครงสร้างของดอก และปัจจัยในการสังเคราะห์ด้วยแสงมากที่สุด และจำนวน นักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนลดลงในทุกแนวคิด

งานวิจัยต่างประเทศ

Laovie (1999) ศึกษาเกี่ยวกับทักษะกระบวนการและความเข้าใจในวิชาชีววิทยา โดยการ จัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ เก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยโดยใช้เครื่องมือ คือ แบบ สัมภาษณ์ แบบสังเกตการณ์สอน และแบบบันทึกการสนทนาระหว่างผู้วิจัยกับครูผู้สอน พบว่าการ จัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ช่วยพัฒนาความเข้าใจในแนวคิดชีววิทยา มี ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ มีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และมีเจตคติที่ดีต่อการเรียน วิทยาศาสตร์

Blank (2000) ศึกษาเกี่ยวกับความเข้าใจเกี่ยวกับระบบนิเวศ โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้แบบ สืบเสาะหาความรู้ เก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยโดยใช้เครื่องมือ คือ เทปบันทึกการเรียนรู้ พบว่าวัฏจักร การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ช่วยให้นักเรียนเข้าใจแนวคิด เชื่อมโยงความรู้กับโลกภายนอก มี ความเข้าใจลึกซึ้ง มีความคงทนในการเรียนรู้

Lawson (2000) ศึกษาแนวคิดเกี่ยวกับการออสโมซิส โดยใช้กิจกรรมการสืบเสาะหา ความรู้ เก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยโดยใช้เครื่องมือ คือ แบบสัมภาษณ์ พบว่า การใช้วัฏจักรการสืบ เสาะหาความรู้ทำให้นักเรียนเข้าใจเกี่ยวกับการออสโมซิส

Carolyn *et al.* (2002) ศึกษาเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้กับการพัฒนาแนวคิดด้านชีววิทยาในเรื่องการสังเคราะห์แสง โดยใช้เครื่องมือในการวิจัย คือแบบสัมภาษณ์ถึงโครงสร้าง พบว่าการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้จะนำไปสู่การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อย่างมีความหมาย

Wilder and Shuttlesworth (2005) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E เรื่องเซลล์ในนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้เครื่องมือวิจัย คือแบบทดสอบ พบว่า การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E (NRC, 1996) เรื่องเซลล์ ทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเซลล์มากยิ่งขึ้นและกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถกระตุ้นความสนใจของนักเรียนให้อยากเรียนรู้ มีการขยายความรู้โดยการอภิปรายแลกเปลี่ยนผลการเรียนรู้ร่วมกันส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการสืบเสาะหาความรู้และสามารถสร้างความรู้ด้วยตนเองได้

Wolf and Fraser (2007) ศึกษาบรรยากาศการเรียนรู้ เจตคติ และผลสัมฤทธิ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น โดยจัดกิจกรรมการทดลองรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ในรายวิชาฟิสิกส์ เก็บรวบรวมข้อมูลวิจัยโดยใช้เครื่องมือ คือ แบบสอบถามเกี่ยวกับบรรยากาศการเรียนรู้ แบบทดสอบวัดเจตคติ และแบบวัดแนวคิดแบบไดอะแกรมและเลือกตอบ พบว่า การทดลองแบบเน้นรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ทำให้นักเรียนเกิดความสนใจในการเรียน มีเจตคติ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่าการสอนที่ไม่เน้นการสืบเสาะหาความรู้

บทที่ 3

วิธีการวิจัย

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักสองประการ คือ 1) เพื่อพัฒนาแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และ 2) เพื่อค้นหาเทคนิคในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ช่วยพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ ในเรื่องดังกล่าวโดยวิธีดำเนินการวิจัยมีดังนี้

1. รูปแบบการวิจัย
2. บริบทของโรงเรียน
3. สภาพห้องเรียน
4. ครูผู้ร่วมวิจัย
5. กลุ่มที่ศึกษา
6. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
7. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
8. การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัย One Group Pretest Posttest Design (Creswell, 2009) โดยผู้วิจัยและครูผู้ร่วมวิจัยศึกษาการพัฒนาแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอด

ลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และศึกษาลักษณะการสอนดังกล่าวที่ช่วยให้นักเรียนพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ โดยทำการวิจัยกับนักเรียนจำนวน 1 ห้อง จำนวน 35 คน วัดแนวคิดของนักเรียนก่อนและหลังเรียนเพื่อศึกษาพัฒนาการแนวคิดของนักเรียนและทำการอภิปรายร่วมกับครูผู้ร่วมวิจัย (ผู้สอน) หลังเสร็จสิ้นการจัดการเรียนการสอนในแต่ละแนวคิดเพื่อค้นหาลักษณะการสอนที่ดีที่ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์

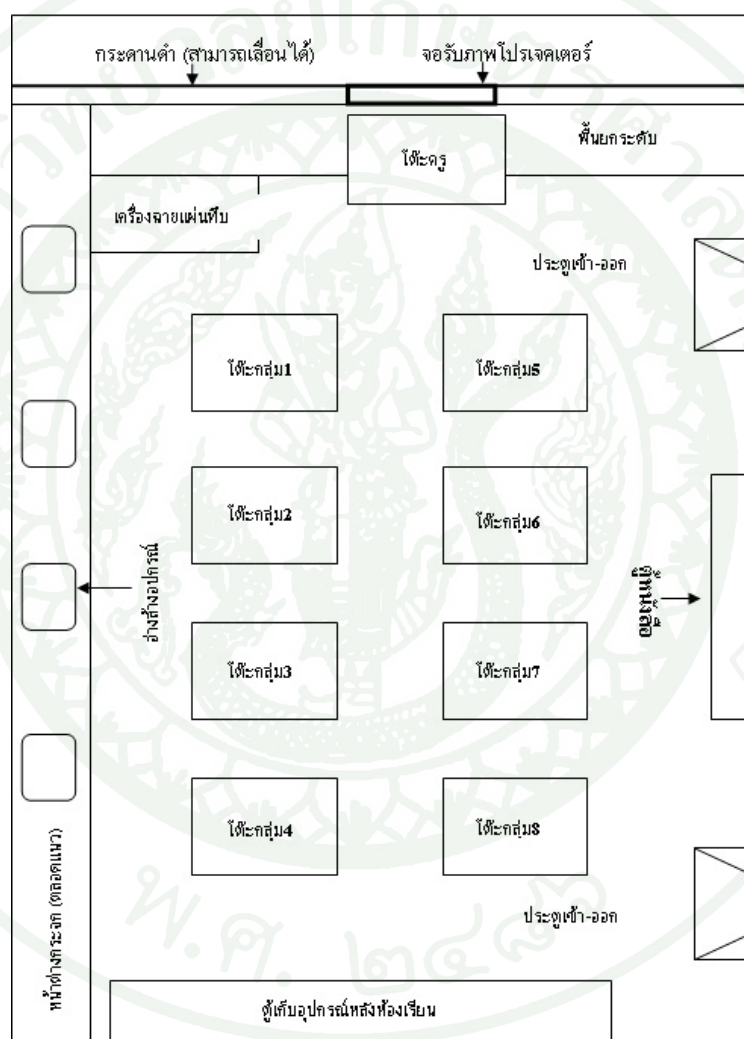
บริบทของโรงเรียน

งานวิจัยนี้ทำการศึกษาในโรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การมัธยมศึกษาเขต 2 กรุงเทพมหานครซึ่งเป็นโรงเรียนที่ครูผู้ร่วมวิจัยปฏิบัติงานอยู่ โรงเรียนเปิดสอนมาแล้ว 32 ปี มีพื้นที่ประมาณ 35 ไร่ มีแหล่งเรียนรู้ภายในได้แก่ ห้องสมุด ศูนย์คอมพิวเตอร์ ห้องปฏิบัติการฟิสิกส์ ห้องปฏิบัติการชีววิทยา ห้องปฏิบัติการเคมี ห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กายภาพ สวนหย่อมหน้าอาคารเรียน โรงเรียนเปิดสอนตั้งแต่ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ถึงชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีครูประจำการทั้งหมด 96 คน ในจำนวนครูทั้งหมดมีครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์จำนวน 13 คน โรงเรียนมีนักเรียนประมาณ 1,900 คน เป็นนักเรียนชาย 800 คน นักเรียนหญิง 1,100 คน นักเรียนร้อยละ 98 นับถือศาสนาพุทธ นักเรียนที่เหลือนับถือศาสนาอิสลาม และศาสนาคริสต์ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ทั้งหมด 120 คน แบ่งออกเป็น 3 ห้องเรียน โดยงานวิจัยนี้ผู้วิจัยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 1 ห้องเรียน เป็นห้องเรียนที่ครูผู้ร่วมวิจัยปฏิบัติการสอนในรายวิชาชีววิทยาพื้นฐาน

สภาพห้องเรียน

ห้องเรียนที่ใช้ในการจัดการเรียนรู้วิชาชีววิทยาพื้นฐาน เรื่อง การแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม คือ ห้องปฏิบัติการชีววิทยาที่ตั้งอยู่บนชั้น 3 ของอาคาร ติดกับห้องปฏิบัติการวิทยาศาสตร์กายภาพและห้องปฏิบัติการเคมี ภายในห้องปฏิบัติการชีววิทยาประกอบด้วยกระดานดำ เครื่องฉายแผ่นทึบ โปรเจกเตอร์ โต๊ะครู และโต๊ะนักเรียนที่สามารถเคลื่อนย้ายจัดเป็นโต๊ะแบบพื้บรรยายและจัดให้นั่งเป็นกลุ่มได้ 8 กลุ่ม กลุ่มละ 5-6 คนด้านหลังของห้องปฏิบัติการมีตู้สำหรับเก็บอุปกรณ์วิทยาศาสตร์ ทางด้านขวามีอ่างล้างอุปกรณ์ 4 อ่างที่มีหน้าต่าง

กระจกเปิดออกเพื่อระบายอากาศตลอดแนว โดยภาพรวมห้องปฏิบัติการชีววิทยามีขนาดพื้นที่พอเหมาะกับจำนวนนักเรียน 35 คน ภายในห้องมีอากาศถ่ายเทดี มีแสงสว่างเพียงพอ มีอุปกรณ์อำนวยความสะดวกในการจัดการเรียนรู้และมีจำนวนโต๊ะเก้าอี้เพียงพอกับจำนวนนักเรียน รวมทั้งโต๊ะเก้าอี้สามารถเคลื่อนย้ายให้เหมาะสมกับลักษณะกิจกรรมได้ดังแสดงในภาพที่ 1



ภาพที่ 1 แผนผังห้องปฏิบัติการชีววิทยา

ครูผู้ร่วมวิจัย

การวิจัยนี้ครูผู้ร่วมวิจัย (ครูการเกิด นามสมมติ) และผู้วิจัยได้ตกลงทำวิจัยร่วมกัน ในรายวิชาชีววิทยาพื้นฐานในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ครูการเกิดมีความสนใจที่จะเรียนรู้วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ในเชิงลึกเพื่อนำมาใช้แทนการสอนแบบบรรยาย เนื่องจากการสอนแบบบรรยายที่ผ่านมานั้นทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายและมองว่าวิชาชีววิทยาเป็นวิชาที่ยาก เนื่องจากเน้นการท่องจำ กอปรกับทั้งครูการเกิดและตัวผู้วิจัยเองซึ่งเคยเป็นครูประจำการในโรงเรียนรัฐบาลแห่งหนึ่งเป็นเวลา 1 ปี มีประสบการณ์เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้เรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมในทำนองเดียวกัน คือเราพบว่านักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนมากในเรื่องนี้ ครูการเกิดและผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในเรื่องดังกล่าว โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ครูการเกิดและผู้วิจัยจึงตกลงทำการวิจัยร่วมกัน

ครูการเกิด อายุ 26 ปี เป็นครูผู้สอนในรายวิชาพื้นฐานชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ณ โรงเรียนที่ทำการศึกษา ครูการเกิดสำเร็จการศึกษาระดับปริญญาตรี สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ จากมหาวิทยาลัยรัฐบาลแห่งหนึ่งในกรุงเทพมหานคร มีประสบการณ์การสอนในรายวิชาวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา ณ โรงเรียนเอกชนแห่งหนึ่งเป็นเวลา 2 ปี จากนั้นได้รับการบรรจุเป็นครูในโรงเรียนที่ทำวิจัย โดยครูการเกิดมีประสบการณ์การสอนรายวิชาวิทยาศาสตร์พื้นฐานระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้น รายวิชาดาราศาสตร์และรายวิชาชีววิทยาพื้นฐานระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเป็นเวลา 2 ปี นับถึงปัจจุบัน (พ.ศ. 2556)

ผู้วิจัยได้ติดต่อกับครูการเกิดโดยเดินทางไปพูดคุยอย่างไม่เป็นทางการ ณ โรงเรียนที่ครูการเกิดประจำการอยู่เกี่ยวกับปัญหาวิจัยที่ผู้วิจัยสนใจ เมื่อพบว่ามีความสนใจตรงกันผู้วิจัยจึงทำหนังสือของความอนุเคราะห์ทำวิจัยถึงผู้อำนวยการโรงเรียน หลังจากได้รับอนุญาตในดำเนินการวิจัย ครูการเกิดและผู้วิจัยจึงได้ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ วิธีการเก็บข้อมูล และวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกัน จากนั้นครูการเกิดทำการสอนตามแผน ผู้วิจัยสังเกตการสอนและอภิปรายร่วมกับครูการเกิดหลังสอนเสร็จในแต่ละแผนเกี่ยวกับแนวทางในการปรับปรุงกิจกรรมการเรียนรู้ และครูการเกิดและผู้วิจัยทำการตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์ข้อมูลร่วมกัน

กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษา คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 35 คน เป็นนักเรียนชาย 12 คน นักเรียนหญิง 23 คน ที่เรียนรายวิชาชีววิทยาพื้นฐาน ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนระดับมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่งสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การมัธยมศึกษาเขต 2 กรุงเทพมหานคร

จากการสอบถามอย่างไม่เป็นทางการพบว่านักเรียนส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในชุมชนใกล้เคียงบริเวณโรงเรียน ซึ่งลักษณะของชุมชนนั้นเป็นตลาดสดและริมทางรถไฟ นักเรียนส่วนใหญ่มีความสนใจและชื่นชอบรายวิชาฟิสิกส์และคณิตศาสตร์ และมองว่ารายวิชาชีววิทยาต้องใช้การท่องจำมาก อีกทั้งครูมักจะใช้การสอนแบบบรรยายทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายในการเรียน เนื่องจากนักเรียนที่ศึกษาเป็นนักเรียนในแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยนักเรียนทุกคน มีผลการเรียนเฉลี่ยในรายวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ไม่ต่ำกว่า 2.0 โดยพบว่า นักเรียนมีผลการเรียนเฉลี่ยในรายวิชาวิทยาศาสตร์ 2.0 คือ ผลการเรียนน่าพอใจ จำนวน 3 คน นักเรียนมีผลการเรียนเฉลี่ยในรายวิชาวิทยาศาสตร์ 2.5 คือ ผลการเรียนค่อนข้างดี จำนวน 7 คน นักเรียนที่มีผลการเรียนเฉลี่ยในรายวิชาวิทยาศาสตร์ 3.0 คือ ผลการเรียนดี จำนวน 8 คน นักเรียนมีผลการเรียนเฉลี่ยในรายวิชาวิทยาศาสตร์ 3.5 คือ ผลการเรียนดีมาก จำนวน 9 คน และผลการเรียนเฉลี่ยในรายวิชาวิทยาศาสตร์ 4.0 คือ ผลการเรียนดีเยี่ยม จำนวน 8 คน

แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่อง การแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

การพัฒนาแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ครูผู้ร่วมวิจัยและผู้วิจัยใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ จำนวนทั้งหมด 5 แผน ครอบคลุมแนวคิดหลัก 5 แนวคิด ได้แก่ 1) ลักษณะทางพันธุกรรม 2) โครโมโซม 3) การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส 4) การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสและ 5) โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ รวมทั้งสิ้น 12 คาบเรียน คาบละ 50 นาที ดังตารางที่ 3

ตารางที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้เรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม
แนวคิดหลักและจำนวนคาบเรียน

แผน	แนวคิดหลัก	จำนวนคาบเรียน
1. ลักษณะทางพันธุกรรม	- ลักษณะทางพันธุกรรม	2
2. โครโมโซม	- ยีนและโครโมโซม - รูปร่างลักษณะของโครโมโซม - จำนวนโครโมโซมในสิ่งมีชีวิต	2
3. การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	- หลักการการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส - กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	3
4. การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส	- หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส - กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส	3
5. โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ	- โครงสร้างดีเอ็นเอ - องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ	2
รวม 5 แผน	5 แนวคิดหลัก	12 คาบเรียน

รายละเอียดและขั้นตอนการออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มีดังนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ขั้นที่ 2 วิเคราะห์หลักสูตรสถานศึกษา มาตรฐานการเรียนรู้ คำอธิบายรายวิชาชีววิทยาพื้นฐาน และหน่วยการเรียนรู้เรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ขั้นที่ 3 กำหนดโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง การแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม แนวคิดหลัก และจำนวนคาบเรียน

ขั้นที่ 4 ออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้ร่วมกับครูผู้ร่วมวิจัยโดยเน้นพัฒนาแนวคิด วิทยาศาสตร์เรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ซึ่งแผนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วยมาตรฐานการเรียนรู้ ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ แนวคิดหลัก แนวคิดคลาคลื่อน กิจกรรมการเรียนรู้ การวัดและประเมินผล สื่อและ แหล่งการเรียนรู้ ใบความรู้และใบกิจกรรม

ขั้นที่ 5 ส่งโครงสร้างหน่วยการเรียนรู้และแผนการจัดการเรียนรู้ให้อาจารย์ที่ปรึกษา วิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของแผนและกิจกรรมที่ใช้ จากนั้นนำ แผนการจัดการเรียนรู้มาปรับปรุงแก้ไข

ขั้นที่ 6 ส่งแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 คน คือ ผู้เชี่ยวชาญด้านเนื้อหาและการสอนชีววิทยา คือ อาจารย์จากคณะวิทยาศาสตร์ ศาสตราจารย์ ประดิษฐ์ พงศ์ทองคำ ผู้เชี่ยวชาญด้านวิทยาศาสตร์ศึกษา คือ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ และผู้เชี่ยวชาญการสอนชีววิทยา คือ อาจารย์อรรณพ คูหเพ็ญแสง โรงเรียนสาธิตแห่ง มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา โดยให้ผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบความถูกต้อง และเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้และกิจกรรมที่ใช้ จากนั้นผู้วิจัยและครูผู้ร่วมวิจัยร่วมกัน ปรับปรุงและแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญโดยคำนึงถึงบริบทของ โรงเรียนที่ทำวิจัยประกอบด้วย

ขั้นที่ 7 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการปรับปรุงแก้ไขแล้วไปสอนจริง ดังแสดง กิจกรรมการเรียนรู้ในแต่ละแผน ในตารางที่ 4 สำหรับตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้และใบ กิจกรรมที่ใช้แสดงในภาคผนวก ข

ตารางที่ 4 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

แผน	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้				
	ขั้นสร้างความสนใจ	ขั้นสำรวจและค้นหา	ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	ขั้นขยายความรู้	ขั้นประเมิน
1 ลักษณะทางพันธุกรรม	1.ครูนำเข้าสู่บทเรียนและสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน โดยให้นักเรียนดูภาพคนเชื้อชาติต่าง ๆ ได้แก่ ไทย จีน ยุโรป แอฟริกา และอภิปรายร่วมกันว่า “นักเรียนคิดว่าบุคคลที่เห็นในภาพนั้นเป็นคนเชื้อชาติเดียวกันหรือไม่ ทราบได้อย่างไร” 2.นักเรียนดูภาพคนชาติไทยในแต่ละภูมิภาค ได้แก่เหนือ ตะวันออกเฉียงเหนือ กลางและใต้และอภิปรายร่วมกันว่า “ลักษณะทางพันธุกรรมคืออะไร”	3.นักเรียนแบ่งกลุ่มๆละ 4-5 คนสำรวจลักษณะของเพื่อนในชั้นเรียนและคนในครอบครัว ได้แก่ ลักษณะของเชิงผมที่หน้าผาก ลักษณะของผม จำนวนชั้นของหนังตา ลักษณะของคิ้ว การมีลักยิ้ม การห่อลิ้น การถนัดซ้ายขวา ลักษณะของแผลเป็น ลักษณะการมีขนที่นิ้วมือ ลักษณะความสูง หมู่เลือด ลักษณะการงอของนิ้วโป้ง สีผิว ลักษณะของเสียง ลักษณะของสันจมูก	4.ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลจากการทำกิจกรรม ลักษณะทางพันธุกรรมที่สังเกตได้ โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการสำรวจของตนเองกับกลุ่ม เพื่อที่จะดูว่าลักษณะใดบ้างเป็นลักษณะทางพันธุกรรมและลักษณะใดที่ไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรม จากนั้นครูสุ่มตัวแทนกลุ่มออกมา 3 กลุ่ม เพื่อนำเสนอหน้าชั้นเรียน กลุ่มละ 2 นาที และร่วมกันอภิปรายเพื่อสรุปเรื่องลักษณะทางพันธุกรรม	5.ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายเพื่อขยายและเชื่อมโยงความรู้ โดยใช้คำถามว่า “เพราะเหตุใดคนไทยที่มาจากครอบครัวที่แตกต่างกัน จึงมีลักษณะบางอย่างที่คล้ายคลึงกัน”	6.นักเรียนรายบุคคลทำแบบฝึกหัดเรื่องลักษณะทางพันธุกรรม

ตารางที่ 4 (ต่อ)

แผน	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้				
	ขั้นสร้างความสนใจ	ขั้นสำรวจและค้นหา	ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	ขั้นขยายความรู้	ขั้นประเมิน
2 โครโมโซม	1.ครูนำเข้าสู่บทเรียนและ สำรวจความรู้เดิมของ นักเรียน โดยให้นักเรียนดู ภาพที่ครูเตรียมมา(ตะเกียบ ไทโทคอนเดรีย เซลล์เม็ด เลือดแดง ปาห์องไก่ เซนทรี โอล)) พร้อมอภิปราย ร่วมกันว่า “นักเรียนคิดว่า ภาพใดบ้างที่คล้ายกับ โครโมโซมและภาพใดบ้าง ที่ไม่คล้ายกับโครโมโซม เพราะเหตุใด” และ “นักเรียนคิดว่าโครโมโซม มีรูปร่างลักษณะอย่างไร”	2.ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่ม ละ 3-4 คน ทำกิจกรรมที่ 1 “สร้างแบบจำลอง โครโมโซม 3. นักเรียนทำกิจกรรมที่ 2 “จำนวนโครโมโซมใน ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์ ของสิ่งมีชีวิต”โดยให้ นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษา และวิเคราะห์ตารางจำนวน โครโมโซมในร่างกายและ เซลล์สืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต	4.ครูและนักเรียนร่วมกัน อภิปรายผลจากการทำ กิจกรรม สร้างแบบจำลอง โครโมโซมและกิจกรรม จำนวนโครโมโซมใน ร่างกายของสิ่งมีชีวิตโดย สุ่มตัวแทนนักเรียน3 กลุ่ม นำเสนอผลการทำกิจกรรม หน้าชั้นเรียน และร่วมกัน อภิปรายว่า “โครโมโซมมี รูปร่างลักษณะอย่างไร” และ “ขนาดและความ ซับซ้อนของสิ่งมีชีวิต เกี่ยวข้องกับจำนวน โครโมโซมของสิ่งมีชีวิต หรือไม่ อย่างไร”	5.นักเรียนแต่ละกลุ่ม ช่วยกันจำแนกโครโมโซม โดยใช้ตำแหน่งของเซน โทรเมอร์เป็นเกณฑ์ โดยนำ โครโมโซมที่ได้ติดลงใน กระดาษที่ครูแจก จากนั้น อภิปรายร่วมกันว่า “นักวิทยาศาสตร์จำแนก โครโมโซมออกเป็นกี่ ประเภทและผลที่ได้จาก การจำแนกเป็นอย่างไร”	6.นักเรียนรายบุคคล ทำแบบฝึกหัดเรื่อง รูปร่างลักษณะของ โครโมโซม

ตารางที่ 4 (ต่อ)

แผน	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้				
	ขั้นสร้างความสนใจ	ขั้นสำรวจและค้นหา	ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	ขั้นขยายความรู้	ขั้นประเมิน
3 การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	1.ครูนำเข้าสู่บทเรียนและ สำรวจความรู้เดิมของ นักเรียน โดยให้นักเรียนชม วิดีโอเกี่ยวกับการแบ่ง เซลล์ จากนั้นร่วมกัน อภิปรายว่า“เพราะเหตุใด เซลล์จึงต้องมีการแบ่ง เซลล์” 2.นักเรียนแต่ละกลุ่มจับคู่ ภาพการแบ่งเซลล์ที่กำหนด ให้กับชื่อระยะของการแบ่ง เซลล์และเหตุการณ์ที่ เกิดขึ้นในแต่ละระยะของ การแบ่งเซลล์ให้สัมพันธ์ กัน	3.นักเรียนเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน ทำกิจกรรมการแบ่ง เซลล์แบบไมโทซิสของ ปลายรากหอมพร้อมทั้งใช้ คำถามนำไปสู่กิจกรรมว่า “เซลล์ร่างกายมี กระบวนการแบ่งเซลล์ อย่างไร”	4.ครูและนักเรียนร่วมกัน อภิปรายผลการทำกิจกรรม โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่ม เตรียมนำเสนอผลงานโดย ครูเลือกนักเรียน 2-3 กลุ่ม เพื่อนำเสนอและเปิดโอกาส ให้นักเรียนกลุ่มอื่นซักถาม ข้อมูลเพิ่มเติม โดยมีคำถาม หลักว่า“เซลล์ร่างกายมี กระบวนการแบ่งเซลล์ อย่างไร”	5.นักเรียนแต่ละกลุ่ม จัดเรียงภาพจากกิจกรรมใน ขั้นนำอีกครั้ง และนำมาส่ง ครูพร้อมใช้คำถามอภิปราย ว่า “การแบ่งเซลล์แบบไม โทซิสมีกระบวนการ อย่างไร” 6.นักเรียนชมวิดีโอ เพิ่มเติมเกี่ยวกับการแบ่ง เซลล์แบบไมโทซิสและทำ โมเดลเกี่ยวกับการแบ่ง เซลล์แบบไมโทซิสและ นำเสนอในรูปแบบของ ภาพเคลื่อนไหว	7.นักเรียนรายบุคคล ทำแบบฝึกหัดเรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไม โทซิส

ตารางที่ 4 (ต่อ)

แผน	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้				
	ขั้นสร้างความสนใจ	ขั้นสำรวจและค้นหา	ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	ขั้นขยายความรู้	ขั้นประเมิน
4 การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส	1.ครูนำเข้าสู่บทเรียนและ สำรวจความรู้เดิมของ นักเรียนโดยใช้คำถามว่า “นักเรียนคิดว่าเซลล์ สืบพันธุ์มีการเพิ่มจำนวน โดยการแบ่งเซลล์แบบไม โทซิสเหมือนเซลล์ร่างกาย หรือไม่ อย่างไร”	2.นักเรียนศึกษาการแบ่ง เซลล์แบบไมโอซิสจาก กิจกรรมศึกษาการแบ่ง เซลล์แบบไมโอซิสในเซลล์ พืช โดยใช้ดอกกุหลาบ เป็น ตัวอย่างในการศึกษาพร้อม ทั้งใช้คำถามนำว่า “เซลล์ สืบพันธุ์มีกระบวนการแบ่ง เซลล์อย่างไร”	3.ครูและนักเรียนร่วมกัน อภิปรายเกี่ยวกับการแบ่ง เซลล์แบบไมโอซิส โดยให้ นักเรียน2-3 กลุ่มนำเสนอ ผลการศึกษาการแบ่งเซลล์ ของดอกกุหลาบและเปิด โอกาสให้นักเรียนกลุ่มอื่น เสนอข้อมูลเพิ่มเติมโดยมี คำถามหลักคือ “เซลล์ สืบพันธุ์มีกระบวนการแบ่ง เซลล์อย่างไร”และ “การ แบ่งเซลล์แบบไมโอซิสมี ความสำคัญกับสิ่งมีชีวิต อย่างไร”	4.นักเรียนชมวิดีโอทัศน์ เพิ่มเติมเกี่ยวกับการแบ่ง เซลล์แบบไมโอซิส 5.นักเรียนแต่ละกลุ่ม ร่วมกันศึกษาเอกสารเรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เพิ่มเติมและวางแผนทำ โมเดลเกี่ยวกับการแบ่ง เซลล์แบบไมโอซิส พร้อม นำเสนอในรูปแบบของ ภาพเคลื่อนไหว(ทำต่อ เนื่องมาจากการแบ่งเซลล์ แบบไมโทซิส)	6.นักเรียนรายบุคคล ทำแบบฝึกหัดเรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไม โอซิส

ตารางที่ 4 (ต่อ)

แผน	ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้				
	ขั้นสร้างความสนใจ	ขั้นสำรวจและค้นหา	ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	ขั้นขยายความรู้	ขั้นประเมิน
5 โครงสร้างและองค์ประกอบ ทางเคมีของดีเอ็นเอ	1.ครูนำเข้าสู่บทเรียนและ สำรวจความรู้เดิมของนักเรียน โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มดูภาพ โครงสร้างของ DNA และจับคู่ ส่วนประกอบให้สัมพันธ์กัน 2. นักเรียนนำเสนอผลการทำ กิจกรรม จากนั้นอภิปราย ร่วมกันเพื่อตรวจสอบความรู้ เดิมของนักเรียน โดยที่ครูยังไม่ เฉลยคำตอบ	3.นักเรียนแบ่งกลุ่มๆละ 3- 4 คนเพื่อทำกิจกรรมที่1 ตอน 1 เรื่อง “DNA โครงสร้าง มหัศจรรย์” 4. นักเรียนทำกิจกรรมตอน ที่ 2 เรื่ององค์ประกอบทาง เคมีของดีเอ็นเอ โดยมี คำถามหลักคือ “นิวคลีโอ ไทด์สามารถเกิดเป็น DNA ได้อย่างไร”	5.ครูและนักเรียนร่วมกัน อภิปรายผลของการทำ กิจกรรม “DNA โครงสร้าง มหัศจรรย์” โดยเลือกนักเรียน 3 กลุ่ม นำเสนอผลงาน โครงสร้างดีเอ็นเอ โดยใช้ คำถามหลักว่า “จากการทำ กิจกรรม นักเรียนคิดว่า โครงสร้างของดีเอ็นเอมี ลักษณะเป็นอย่างไร”	6.นักเรียนชมวิดิทัศน์เรื่อง “What is DNA ?” เพื่อ เพิ่มเติมความเข้าใจ 7.ครูและนักเรียนร่วมกัน อภิปรายเพื่อขยายความรู้ โดยมีคำถามหลักว่า “นักเรียนคิดว่าDNA และ สารพันธุกรรมมี ความสัมพันธ์กันหรือไม่ อย่างไร”	8.นักเรียนรายบุคคลทำ แบบฝึกหัดเรื่องโครส ร้างและองค์ประกอบ ทางเคมีของดีเอ็นเอ

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1

ในการตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1 ที่ถามว่า “นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมอย่างไรก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้” ผู้วิจัยใช้แบบวัดแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยแบบวัดแนวคิดมีลักษณะเป็นข้อคำถามปลายเปิดที่ให้นักเรียนแสดงผลในการตอบ ครอบคลุมแนวคิดหลัก 5 แนวคิด โดยแบบวัดแบ่งออกเป็น 5 ฉบับ ตามจำนวนแนวคิดหลักตามการจัดการเรียนรู้ที่กำหนดไว้ โดยมีขั้นตอนในการสร้างแบบวัดแนวคิด ดังนี้

ขั้นที่ 1 ศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ได้แก่ คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของ สสวท.(2546) หนังสือเรียนและคู่มือครูวิชาชีววิทยาของ สสวท. เพื่อวิเคราะห์แนวคิดหลักเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

ขั้นที่ 2 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวัดแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมเพื่อเป็นแนวทางในการสร้างข้อคำถามและวิเคราะห์ข้อมูล

ขั้นที่ 3 ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมวิจัยร่วมกันสร้างโครงสร้างแบบวัดแนวคิด เรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมที่เป็นข้อคำถามปลายเปิดรวมถึงคำตอบ โดยดัดแปลงมาจากแบบวัดแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของพอรินทร์ พุกพูนชนพัฒน์ (2555) จำนวน 1 ข้อ และแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์สำหรับนักเรียนเตรียมทหารของจิตตินันท์ สาตะนิมิ (2550) จำนวน 2 ข้อ และสร้างขึ้นเองจำนวน 7 ข้อ

ขั้นที่ 4 นำโครงสร้างแบบวัดแนวคิดและแบบวัดแนวคิดทั้ง 5 ฉบับ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องและความเหมาะสมของโครงสร้างแบบวัด ข้อคำถาม และคำตอบ จากนั้นนำแบบวัดมาปรับปรุงแก้ไข

ขั้นที่ 5 ส่งโครงสร้างแบบวัดแนวคิดและแบบวัดแนวคิดทั้ง 5 ฉบับ ให้ผู้เชี่ยวชาญจำนวน 3 ท่านดังกล่าวข้างต้น เพื่อตรวจสอบความตรงเชิงโครงสร้างและเชิงเนื้อหาของแบบวัดแนวคิดและความถูกต้องของแนวคำตอบและภาษาที่ใช้ในการสื่อสาร

ขั้นที่ 6 ทำการปรับปรุงข้อคำถามตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญทั้งสามท่านจากนั้นทดลองใช้แบบวัดแนวคิดกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 จำนวน 1 ห้องเรียน จำนวน 40 คน ที่ไม่ใช่กลุ่มที่ศึกษาเพื่อตรวจสอบความเข้าใจเรื่องภาษา รูปภาพ และเวลาในการทำแบบวัดแต่ละฉบับ

ขั้นที่ 7 นำแบบวัดแนวคิดจำนวน 5 ฉบับ ไปใช้กับกลุ่มที่ศึกษา โดยรายละเอียดของการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดแนวคิดแต่ละฉบับและระยะเวลาที่ใช้ในการทำแบบวัดแสดงในตารางที่ 5 สำหรับตัวอย่างแบบวัดแนวคิดแสดงในภาคผนวก ก

ตารางที่ 5 แบบวัดแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมและระยะเวลาที่ใช้ในการทำแบบวัดแนวคิดแต่ละฉบับ

ฉบับที่	แนวคิดหลัก	ระยะเวลา
1	ลักษณะทางพันธุกรรม - ความหมายของลักษณะทางพันธุกรรม	5 นาที ก่อนและหลังเรียนแผนที่ 1
2	โครโมโซม - ความสัมพันธ์ของยีน ดีเอ็นเอและโครโมโซม - รูปร่างของโครโมโซม - จำนวนโครโมโซมในสิ่งมีชีวิต	30 นาที ก่อนและหลังเรียนแผนที่ 2
3	การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส - หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส - กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	30 นาที ก่อนและหลังเรียนแผนที่ 3
4	การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส - หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส - กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส	30 นาที ก่อนและหลังเรียนแผนที่ 4

ตารางที่ 5 (ต่อ)

ฉบับที่	แนวคิดหลัก	ระยะเวลา
5	โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ - โครงสร้างดีเอ็นเอ - องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ	20 นาที ก่อนและหลังเรียนแผนที่ 5
รวม	5 แนวคิดหลัก	

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2

ในการตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2 ที่ถามว่า “การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ลักษณะใดที่ช่วยพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4” ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้บันทึกการสังเกตการสอนของผู้วิจัย การอภิปรายร่วมกับครูผู้ร่วมวิจัย และวีดิทัศน์การสอน

บันทึกการสังเกตการสอนของผู้วิจัย

ขั้นที่ 1 กำหนดหัวข้อในการบันทึกการสังเกตการสอนในแต่ละแผนให้สอดคล้องกับขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นคือ ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหาขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุปขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้และขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน โดยในแต่ละขั้นจะทำการสังเกตการสอนและบันทึกในประเด็น 3 ประเด็น คือ 1) ผลของการจัดการเรียนการสอนตามจุดประสงค์ของการสอนแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 2) ปัญหาอุปสรรค และ 3) แนวทางในการปรับปรุงการสอนในอนาคต

ขั้นที่ 2 นำประเด็นในการบันทึกการสังเกตการสอนเสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อตรวจสอบความเหมาะสม และความครอบคลุมของประเด็นในการบันทึก จากนั้นปรับปรุงแก้ไขตามคำแนะนำ

ขั้นที่ 3 นำประเด็นในการบันทึกการสังเกตการสอนไปใช้คู่กับการสังเกตการสอนจริง

การอภิปรายร่วมกับครูผู้ร่วมวิจัย

การอภิปรายกับครูผู้ร่วมวิจัยช่วยให้ผู้วิจัยเข้าใจมุมมองความคิดของผู้สอน เหตุผลที่อยู่ภายใต้การปฏิบัติ และค้นหาแนวทางร่วมกันในการพัฒนาการสอน โดยก่อนการอภิปรายร่วมกัน ผู้วิจัยได้กำหนดประเด็นในอภิปรายหลังการจัดการเรียนรู้ในแต่ละแผนตามหัวข้อในการบันทึกการสังเกตการสอนและเมื่อสอนจบในแต่ละแผน ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมวิจัยอภิปรายร่วมกันในประเด็นดังกล่าวเป็นเวลาประมาณ 1 ชั่วโมง ระหว่างการอภิปรายผู้วิจัยทำการจดบันทึกย่อข้อสรุปที่ได้จากการอภิปรายในแต่ละประเด็น

วิธิตักษิณการสอน

เป็นเครื่องมือที่ช่วยให้ผู้วิจัยทำการสังเกตการสอนได้อย่างละเอียดและครอบคลุมทั้งพฤติกรรมของครูและพฤติกรรมของนักเรียน รวมทั้งบทสนทนาระหว่างครูและนักเรียน โดยผู้วิจัยทำการสังเกตการสอนผ่านวิธิตักษิณอีกครั้งหลังสอนเสร็จตามประเด็นในแบบบันทึกการสังเกตการสอน

การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1

นำแบบวัดแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมไปวัดแนวคิดของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยแบ่งวัดทั้งหมด 5 ครั้ง ดังแสดงในตารางที่ 5 โดยก่อนทำแบบวัดทุกครั้งผู้วิจัยชี้แจงนักเรียนเกี่ยวกับวัตถุประสงค์ของแบบวัดแนวคิด เวลาที่ใช้ในการทำแบบวัดแนวคิดเพื่อให้นักเรียนเห็นความสำคัญของการทำแบบวัดแนวคิด

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1

ผู้วิจัยสร้างความน่าเชื่อถือของงานวิจัยโดยใช้การทำ Interrater reliability โดยผู้วิจัยและครูผู้ร่วมวิจัยวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนที่ได้จากแบบวัดแนวคิดก่อนและหลังเรียนทั้ง 5 ฉบับอย่าง

อิสระ โดยเริ่มจากอ่านคำตอบของนักเรียนทุกคนทีละข้ออย่างละเอียด จากนั้นตีความและจัดกลุ่มแนวคิด ตามกรอบแนวคิดของอาทิตยา จิตรเอื้อเพื่อ (2553) ที่ปรับปรุงมาจาก Haidar (1997) ซึ่งแบ่งแนวคิดออกเป็น 5 กลุ่มดังแสดงในตารางที่ 6 คำนวณหาค่าความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่มแนวคิดทั้งก่อนและหลังเรียน จากนั้นนำผลการการวิเคราะห์ข้อมูลให้ครูผู้ร่วมวิจัยตรวจสอบความถูกต้องและหาความสอดคล้องของการตีความของผู้วิจัยและครูผู้ร่วมวิจัย และนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องของการจัดกลุ่มแนวคิด

ตารางที่ 6 เกณฑ์ในการจัดกลุ่มแนวคิดโดยปรับปรุงจากกรอบแนวคิดของอาทิตยา จิตรเอื้อเพื่อ (2553) ที่ปรับปรุงมาจาก Haidar (1997)

กลุ่มแนวคิด	ความหมาย	ตัวอย่างแนวคิด
1. แนวคิดวิทยาศาสตร์ (Scientific Conception: SC)	คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง สมบูรณ์สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับโดยทั่วไป	DNA ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์มาเชื่อมกันเป็นเกลียวเวียนขวา แต่ละนิวคลีโอไทด์จะประกอบไปด้วยน้ำตาลคาร์บอน 5 อะตอม เบสที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบและหมู่ฟอสเฟต
2. แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (Partial Conception: PC)	คำตอบที่อย่างน้อยหนึ่งองค์ประกอบเป็นไปตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ ส่วนองค์ประกอบอื่นไม่กล่าวถึง	DNA ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์นับล้านหน่วยและในนิวคลีโอไทด์จะมีข้อมูลทางพันธุกรรม นิวคลีโอไทด์เรียงต่อกันเป็นสายยาวพันกันเป็นเกลียวคู่วนขวา

ตารางที่ 6 (ต่อ)

กลุ่มแนวคิด	ความหมาย	ตัวอย่างแนวคิด
3. แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Conception and Complete Misconception: PC&CM)	คำตอบที่อย่างน้อยหนึ่งองค์ประกอบเป็นไปตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ แต่มีบางองค์ประกอบไม่ถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์	DNA จะพันเป็นเกลียว มีธาตุ P ช่วยในการคงรูป กรดเป็นเบส ช่วยในการรักษา ไม่ให้เกิดความผิดปกติ และ DNA ต้องการน้ำตาลกลูโคส
4. แนวคิดคลาดเคลื่อน (Complete Misconception: CM)	คำตอบที่อธิบายเกี่ยวข้องกับเรื่องที่ถามแต่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์	โครงสร้างดีเอ็นเอจะประกอบไปด้วยยีนและโครโมโซม ซึ่งจะอยู่ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด
5. ไม่มีแนวคิด (No Response: NR)	คำตอบที่ไม่เกี่ยวข้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่ถาม หรือตอบว่าไม่ทราบ ไม่รู้หรือไม่ตอบคำถาม	ดีเอ็นเอเป็นส่วนหนึ่งของโครโมโซม

การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2

การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2 ผู้วิจัยเข้าสังเกตการสอนของครูผู้ร่วมวิจัย และบันทึกวีดิทัศน์การสอนทุกครั้ง ในระหว่างการสังเกตการสอน ผู้วิจัยนั่งอยู่หลังห้องเรียนและไม่มีส่วนร่วมใด ๆ กับกิจกรรมการเรียนรู้ ระหว่างการเรียนการสอนผู้วิจัยสังเกตพฤติกรรมของครูผู้ร่วมวิจัยและนักเรียน รวมทั้งบทสนทนา และบันทึกประเด็นสำคัญตามกรอบการสังเกต ได้แก่ 1) ผลของการจัดการเรียนการสอนตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 2) ปัญหาอุปสรรค และ 3) แนวทางในการปรับปรุงการสอนในอนาคต เมื่อสอนจบในแต่ละแผนผู้วิจัยและครูผู้ร่วมวิจัยอภิปรายร่วมกันตามประเด็นในการสังเกตการสอนเพื่อให้ได้ข้อมูลย้อนกลับจากผู้สอนและแนวทางในการปรับปรุงการสอนในอนาคตหลังจากการอภิปรายร่วมกัน ผู้วิจัยนำวีดิทัศน์การสอนที่บันทึกไว้มาย้อนดูอีกครั้งและบันทึกข้อมูลเพิ่มเติมตามกรอบการสังเกตการสอน จากนั้นจึงทำการวิเคราะห์ข้อมูล

การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2

ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากบันทึกการสังเกตการสอนของผู้วิจัย การอภิปรายร่วมกับครูผู้ร่วมวิจัย และวิดิทัศน์การสอน โดยใช้การวิเคราะห์แบบอุปนัย (Inductive Analysis) (Merriam, 1998) มีขั้นตอนการวิเคราะห์ข้อมูลดังนี้

ขั้นที่ 1 อ่านบันทึกการสังเกตการสอนของผู้วิจัย ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ตามขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ใน 3 ประเด็น คือ 1) ผลของการจัดการเรียนการสอนตามจุดประสงค์การเรียนรู้ในแต่ละขั้นของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 2) ปัญหาอุปสรรค และ 3) แนวทางในการปรับปรุงการสอนในอนาคต จากนั้นจึงนำข้อมูลจากการอภิปรายร่วมกับครูผู้ร่วมวิจัยและวิดิทัศน์การสอนแผนที่ 1 มาวิเคราะห์เพิ่มเติม เพื่อตรวจสอบคล้อยของข้อค้นพบและมีการถอดบทสนทนาระหว่างครูกับนักเรียนในวิดิทัศน์บางส่วนเพื่อเป็นหลักฐานประกอบข้อค้นพบ

ขั้นที่ 2 นำสิ่งที่ได้เรียนรู้หรือแนวทางในการแก้ไขกิจกรรมการเรียนในแต่ละขั้น จากแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ไปใช้ในการปรับปรุงการจัดการเรียนรู้แผนอื่น ๆ ต่อไป

ขั้นที่ 3 ทำตามขั้นที่ 1 และ 2 ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่เหลือทีละแผนจากนั้นนำสิ่งที่ได้เรียนรู้จากการปฏิบัติการสอนทั้ง 5 แผนมาเปรียบเทียบเพื่อค้นหาเทคนิควิธีในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ช่วยพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

ขั้นที่ 4 ทำให้ข้อมูลมีความน่าเชื่อถือ โดยการนำผลการวิเคราะห์ข้อมูลข้างต้นให้อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ตรวจสอบความถูกต้องของการวิเคราะห์

จริยธรรมการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ขอความยินยอมจากผู้ให้ข้อมูล (Informed consent) คือ ครูผู้ร่วมวิจัยและนักเรียน ทั้งนี้ไม่ว่าวิธีการที่ใช้นั้นจะเป็นการสังเกต การสัมภาษณ์ การบันทึกวิดีโอเทป ผู้วิจัยจะขอความยินยอมจากผู้ให้ข้อมูลก่อนลงมือเก็บข้อมูลทุกครั้ง โดยผู้วิจัยได้ชี้แจงและให้ข้อมูลที่ชัดเจนแก่ผู้ให้ข้อมูลในเรื่องสาระสำคัญของเรื่องที่ทำวิจัย วัตถุประสงค์ เหตุผลและวิธีการที่ผู้ร่วมวิจัยใช้ รวมทั้งมาตรการที่จะรักษาความลับของแหล่งข้อมูล ในการขอความร่วมมือปราศจากการบังคับ การจูงใจ หรือการใช้อุบายให้แหล่งข้อมูลผิดด้วยประการต่าง ๆ ดังนั้นในการให้ความร่วมมือในการวิจัยในครั้งนี้ จึงเกิดจากความสมัครใจของแหล่งข้อมูล ไม่มีการระบุชื่อบุคคล หรือสถานที่ในการเก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้ชื่อสมมุติและใช้รหัสแทนชื่อ และไม่เปิดเผยใบหน้าของผู้ให้ข้อมูลเพื่อรักษาความลับของแหล่งข้อมูล (Confidentiality) และป้องกันผลกระทบที่อาจเกิดขึ้นกับแหล่งข้อมูลอันเนื่องมาจากการให้ความร่วมมือในการวิจัย (Consequences) (ชาย โพธิ์สีดา, 2549)

บทที่ 4

ผลการวิจัยและข้อวิจารณ์

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์หลักสองประการ คือ หนึ่งเพื่อพัฒนาแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และสองเพื่อค้นหาเทคนิคในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ช่วยพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่องดังกล่าว โดยในการรายงานผลการวิจัยจะรายงานตามคำถามวิจัยดังนี้

คำถามวิจัยข้อที่ 1 นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมอย่างไรก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

คำถามวิจัยข้อที่ 2 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีเทคนิคอย่างไร ที่ช่วยพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ผลการวิจัยของคำถามวิจัยข้อที่ 1

แนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

จากการวิเคราะห์ผลการวิจัยแนวคิดสำคัญ 5 เรื่องตามแผนการจัดการเรียนรู้ โดยการอ่านคำตอบของนักเรียนอย่างละเอียดจากแบบวัดแนวคิดที่พัฒนาขึ้น สามารถจัดกลุ่มแนวคิดตามกรอบแนวคิดของอาทิตยา จิตรเอื้อเพื่อ (2553) ในการรายงานผลการวิจัยจะนำเสนอภาพรวมทั้งหมด ดังแสดงในตารางที่ 7 จากนั้นจึงอธิบายผลอย่างละเอียด เรียงลำดับตามแนวคิดหลัก

ตารางที่ 7 จำนวนและร้อยละของนักเรียนจำแนกตามกลุ่มแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

(N =35)

แนวคิด	จำนวนคนและร้อยละของนักเรียนจำแนกตามกลุ่มแนวคิด									
	ก่อนเรียน					หลังเรียน				
	SC	PC	PC&CM	CM	NR	SC	PC	PC&CM	CM	NR
1. ลักษณะทางพันธุกรรม	7 (20.00)	2 (5.71)	26 (74.26)	0 (0)	0 (0)	10 (28.57)	1 (2.86)	24 (68.57)	0 (0)	0 (0)
2. โครโมโซม										
2.1 ความสัมพันธ์ของยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม	0 (0)	1 (2.86)	0 (0)	10 (28.57)	24 (68.57)	11 (31.43)	2 (5.71)	6 (17.15)	7 (20.00)	9 (25.71)
2.2 รูปร่างลักษณะของโครโมโซม	0 (0)	27 (77.14)	3 (8.57)	0 (0)	5 (14.26)	10 (28.57)	21 (60.00)	3 (8.57)	1 (2.86)	0 (0)
2.3 จำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิต	0 (0)	0 (0)	0 (0)	23 (65.71)	12 (34.29)	24 (68.57)	0 (0)	0 (0)	10 (28.57)	1 (2.86)

หมายเหตุ: SC คือ แนวคิดวิทยาศาสตร์ PC คือ แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ PC&CM คือ แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน CM คือ แนวคิดคลาดเคลื่อน NR คือ ไม่มีแนวคิด

ตารางที่ 7 (ต่อ)

(N =35)

แนวคิด	จำนวนคนและร้อยละของนักเรียนจำแนกตามกลุ่มแนวคิด									
	ก่อนเรียน					หลังเรียน				
	SC	PC	PC&CM	CM	NR	SC	PC	PC&CM	CM	NR
3. การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส										
3.1 หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	0 (0)	4 (11.43)	9 (25.71)	22 (62.86)	0 (0)	7 (20.00)	18 (51.43)	10 (28.57)	0 (0)	0 (0)
3.2 กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส	0 (0)	1 (2.86)	1 (2.86)	21 (60.00)	12 (34.29)	2 (5.71)	18 (51.43)	0 (0)	15 (42.86)	0 (0)
4. การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส										
4.1 หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส	0 (0)	1 (2.86)	6 (17.15)	28 (80.00)	0 (0)	3 (8.57)	12 (34.29)	7 (20.00)	11 (31.43)	2 (5.71)
4.2 กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส	0 (0)	0 (0)	0 (0)	9 (25.71)	26 (74.29)	2 (5.71)	5 (14.26)	0 (0)	26 (74.26)	2 (5.71)

หมายเหตุ: SC คือ แนวคิดวิทยาศาสตร์ PC คือ แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ PC&CM คือ แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน CM คือ แนวคิดคลาดเคลื่อน NR คือ ไม่มีแนวคิด

ตารางที่ 7 (ต่อ)

(N =35)

แนวคิด	จำนวนคนและร้อยละของนักเรียนจำแนกตามกลุ่มแนวคิด									
	ก่อนเรียน					หลังเรียน				
	SC	PC	PC&CM	CM	NR	SC	PC	PC&CM	CM	NR
5. ดีเอ็นเอ										
5.1 โครงสร้างของดีเอ็นเอ	0 (0)	7 (20.00)	5 (14.26)	1 (2.86)	22 (62.86)	3 (8.57)	17 (48.57)	0 (0)	15 (42.86)	0 (0)
5.2 องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ	2 (5.71)	4 (11.43)	1 (2.86)	6 (17.15)	22 (62.86)	10 (28.57)	7 (20.00)	6 (17.15)	9 (25.71)	3 (8.57)

หมายเหตุ: SC คือ แนวคิดวิทยาศาสตร์ PC คือ แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ PC&CM คือ แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน CM คือ แนวคิดคลาดเคลื่อน NR คือ ไม่มีแนวคิด

จากตารางที่ 7 พบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีแนวคิด (NR) ในเรื่องกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (26 คน) ความสัมพันธ์ของยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม (24 คน) โครงสร้างดีเอ็นเอ (22 คน) และองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ (22 คน) ตามลำดับ และพบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) ในเรื่องหลักการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (28 คน) จำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิต (23 คน) หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (22 คน) และกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (21 คน) ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) ในเรื่องลักษณะทางพันธุกรรม (26 คน) และสุดท้ายนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) ในเรื่องรูปร่างลักษณะของโครโมโซม (27 คน)

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดแนวคิดหลังเรียน พบว่า นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เพิ่มขึ้นกว่าก่อนเรียนในทุกแนวคิด โดยเฉพาะในแนวคิดเรื่องจำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิต (24 คน) ความสัมพันธ์ของยีน ดีเอ็นเอและโครโมโซม (11 คน) และองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ (10 คน) ตามลำดับ ขณะที่จำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในหลายแนวคิดเช่นกัน ได้แก่ กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (18 คน) หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (17 คน) หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (12 คน) องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ (7 คน) และกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (5 คน) ตามลำดับ โดยคาดว่านักเรียนในกลุ่มนี้น่าจะเป็นนักเรียนที่ก่อนเรียนอยู่ในกลุ่มไม่มีแนวคิด (NR) หรือมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) หรือมีแนวคิดไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) นอกจากนี้พบว่าจำนวนนักเรียนที่ไม่มีแนวคิด (NR) มีจำนวนลดลงในทุกแนวคิด ยกเว้นแนวคิดเรื่องหลักการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่าแม้หลังเรียนยังพบว่า มีนักเรียนจำนวนมากที่ยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) หรือแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) โดยเรื่องที่นักเรียนยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อนอยู่มาก ได้แก่ กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (26 คน) โครงสร้างดีเอ็นเอ (15 คน) กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (15 คน) หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (11 คน) จำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิต (10 คน) องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ (9 คน) และความสัมพันธ์ของยีน ดีเอ็นเอและโครโมโซม (7 คน) ตามลำดับ ส่วนเรื่องที่นักเรียนยังคงมีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วนจำนวนมาก ได้แก่ ลักษณะทางพันธุกรรม (24 คน) หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (10 คน) และหลักการแบ่งเซลล์

แบบไมโอซิส (7 คน) ตามลำดับ โดยผู้วิจัยจะได้อภิปรายถึงสาเหตุของการเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อน และแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วนต่อไป

1. ลักษณะทางพันธุกรรม

ในการวัดแนวคิดเรื่องลักษณะทางพันธุกรรม ทั้งก่อนและหลังเรียนผู้วิจัยให้นักเรียนตอบคำถามจากสถานการณ์จำลองที่เกี่ยวข้องกับลักษณะทางพันธุกรรม โดยมีข้อคำถามดังนี้

คำถามข้อที่ 1. นางสาวกรองแก้ว เป็นผู้หญิงผิวสีขาว ผมหยิก มีลักยิ้ม และมีรอยแผลเป็นที่ข้อมือด้านขวา แต่งงานกับพุดกัทรซึ่งเป็นชายผมตรง จมูกโด่ง ผนังขาว และมีความสามารถในการผ่าตัดอย่างยอดเยี่ยม นักเรียนคิดว่าจากข้อมูลดังกล่าว ลักษณะใดบ้างที่จัดเป็นลักษณะทางพันธุกรรม และลักษณะใดที่ไม่เป็นลักษณะทางพันธุกรรมพร้อมทั้งอธิบายเหตุผล

ก่อนเรียน

จากผลการวิจัยพบว่า ก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 74.26, 26 คน) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) โดยเข้าใจว่าลักษณะทางพันธุกรรมเป็นลักษณะที่สามารถถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งไปสู่รุ่นต่อไปได้ เช่น ลักษณะของผม การมีลักยิ้ม อย่างไรก็ตามนักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรมบางลักษณะ เช่น การถนัดซ้ายขวา ที่นักเรียนระบุว่าไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรม แต่เป็นลักษณะที่เกิดจากการฝึกหัดดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนด้านล่าง

ลักษณะทางพันธุกรรม ได้แก่ ผิวขาว ผมหยิก มีลักยิ้ม ผมตรง จมูกโด่ง เพราะเป็นลักษณะที่มีการถ่ายทอดทางพันธุกรรมจากบรรพบุรุษต่อกันมา ส่วนลักษณะที่ไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรม ได้แก่ มีรอยแผลเป็นที่ข้อมือด้านขวา ผนังขาว มีความสามารถในการผ่าตัด เพราะเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นเอง ไม่ได้ถ่ายทอดจากบรรพบุรุษ

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 1 ก่อนเรียน: ST005)

ลักษณะทางพันธุกรรม ได้แก่ สีผิว ผม ลักยิ้ม จมูกโด่ง เพราะเป็นลักษณะได้มาจากพ่อ แต่ ถ่ายทอดจากรุ่นสู่รุ่น ส่วนลักษณะที่ไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรม ได้แก่ ความสามารถในการผ่าตัด ถนัดขวา รอยแผลเป็น เพราะเป็นลักษณะที่สามารถฝึกฝนหรือหัดได้เอง

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 1 ก่อนเรียน: ST035)

ลักษณะทางพันธุกรรม ได้แก่ ผู้หญิงผมสีขาวย ผมหยิก มีลักยิ้ม ส่วนผู้ชายผมตรง จมูกโด่ง เพราะเป็นลักษณะที่สามารถถ่ายทอดตามบรรพบุรุษ ส่วนลักษณะที่ไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรม ได้แก่ รอยแผลเป็น ถนัดขวา และความสามารถในการผ่าตัด เพราะเป็นความสามารถพิเศษ ส่วนแผลเป็นเกิดจากอุบัติเหตุ

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 1 ก่อนเรียน: ST014)

รองลงมาพบว่า นักเรียนร้อยละ 20 (7 คน) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) ในเรื่องลักษณะทางพันธุกรรม โดยเข้าใจว่าลักษณะทางพันธุกรรมคือลักษณะเฉพาะของสิ่งมีชีวิตที่สามารถถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งไปสู่รุ่นต่อไปได้ เช่น ลักษณะของผม การมีลักยิ้ม ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนด้านล่าง

ลักษณะทางพันธุกรรม ได้แก่ ผิวสีขาว มีลักยิ้ม ผมหยิก จมูกโด่ง ถนัดขวา เพราะเป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่ได้รับการถ่ายทอดจากบรรพบุรุษของตน ส่วนลักษณะที่ไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรม ได้แก่ รอยแผลเป็นด้านขวา ความสามารถในการผ่าตัดอย่างยอดเยี่ยม เพราะเป็นสิ่งที่เกิดจากการเรียนรู้และศึกษา

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 1 ก่อนเรียน: ST020)

ลักษณะทางพันธุกรรม ได้แก่ ผิวสีขาว มีลักยิ้ม ผมหยิก จมูกโด่ง ถนัดขวา เพราะถูกถ่ายทอดโดยยีนของพ่อแม่ ส่วนลักษณะที่ไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรม ได้แก่ รอยแผลเป็นด้านขวาที่เกิดจากอุบัติเหตุและความสามารถในการผ่าตัดอย่างยอดเยี่ยมที่ฝึกฝนมา

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 1 ก่อนเรียน: ST031)

และพบว่า นักเรียนร้อยละ 5.71(2 คน)มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) โดยเข้าใจว่าลักษณะทางพันธุกรรมเป็นลักษณะที่สามารถถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่งได้ แต่ไม่สามารถระบุว่าลักษณะใดบ้างที่เป็นลักษณะทางพันธุกรรมจากสถานการณ์ที่กำหนดให้ ดัง

ตัวอย่างคำตอบนักเรียนด้านล่างและไม่พบนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) หรือไม่มีแนวคิด (NR) ในแนวคิดนี้

ลักษณะทางพันธุกรรมได้แก่ ผมหยิก มีลักยิ้ม ผิวสีขาว จมูกโด่ง เพราะเป็นการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ส่วนลักษณะที่ไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรมได้แก่ มีรอยแผลเป็นมีความสามารถในการผ่าตัด เพราะเป็นความสามารถส่วนบุคคล

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 1 ก่อนเรียน: ST024)

หลังเรียน

จากผลการวิจัยพบว่าหลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 68.57, 24 คน) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) โดยเข้าใจว่าลักษณะทางพันธุกรรมเป็นลักษณะที่สามารถถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งไปสู่รุ่นต่อไปได้ เช่น ลักษณะของผม การมีลักยิ้ม แต่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าลักษณะทางพันธุกรรมบางลักษณะ เช่น การถนัดซ้ายขวา ไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรม เพราะสามารถฝึกฝนได้ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนด้านล่าง

ลักษณะทางพันธุกรรมได้แก่ ผมหยิก มีลักยิ้ม ผมตรง จมูกโด่งและสีผิว เพราะได้รับการถ่ายทอดยีนที่ควบคุมสิ่งเหล่านี้จากพ่อแม่ ส่วนลักษณะที่ไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรมได้แก่ รอยแผลเป็น ถนัดขวา ความสามารถในการผ่าตัด เพราะสิ่งเหล่านี้เกิดจากตัวเราเป็นคนกระทำขึ้นเองหรือฝึกฝน

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 1 หลังเรียน: ST005)

ลักษณะทางพันธุกรรมได้แก่ ผิวสีขาวผมหยิก มีลักยิ้ม ผมตรง จมูกโด่ง เพราะสามารถถ่ายทอดกันต่อๆรุ่นได้และได้รับการถ่ายทอดจากบรรพบุรุษ ทำให้มีลักษณะทางพันธุกรรมคล้ายกัน ส่วนลักษณะที่ไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรมได้แก่ รอยแผลเป็นที่ข้อมือขวา ความสามารถในการผ่าตัด การถนัดขวา เพราะรอยแผลเป็นเกิดจากอุบัติเหตุ ส่วนความสามารถในการผ่าตัดเป็นความสามารถเฉพาะตัวไม่สามารถถ่ายทอดสู่กันได้ ส่วนการถนัดขวาการฝึกฝนอาจมีส่วน

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 1 หลังเรียน: ST006)

รองลงมาพบว่านักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เพิ่มขึ้นจากร้อยละ 20.00 (7 คน) เป็นร้อยละ 28.57 (10 คน) โดยนักเรียนสามารถระบุลักษณะที่จัดเป็นลักษณะทางพันธุกรรมจากสถานการณ์จำลองได้ พร้อมให้เหตุผลถูกต้องว่าลักษณะทางพันธุกรรมคือลักษณะที่สามารถถ่ายทอดจากรุ่นหนึ่งไปยังอีกรุ่นหนึ่งได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนด้านล่าง

ลักษณะทางพันธุกรรมได้แก่ ผิวสีขาว มีลักยิ้ม ผมหยิก จมูกโด่ง ถิ่นคขาว เพราะเป็นลักษณะทางพันธุกรรมที่ได้รับจากบรรพบุรุษของตน ส่วนลักษณะที่ไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรมได้แก่ รอยแผลเป็นที่ข้อมือขวา การผ่าตัดอย่างยอดเยี่ยม เนื่องจากเกิดจากอุบัติเหตุและผ่านการฝึกฝนมา

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 1 หลังเรียน: ST014)

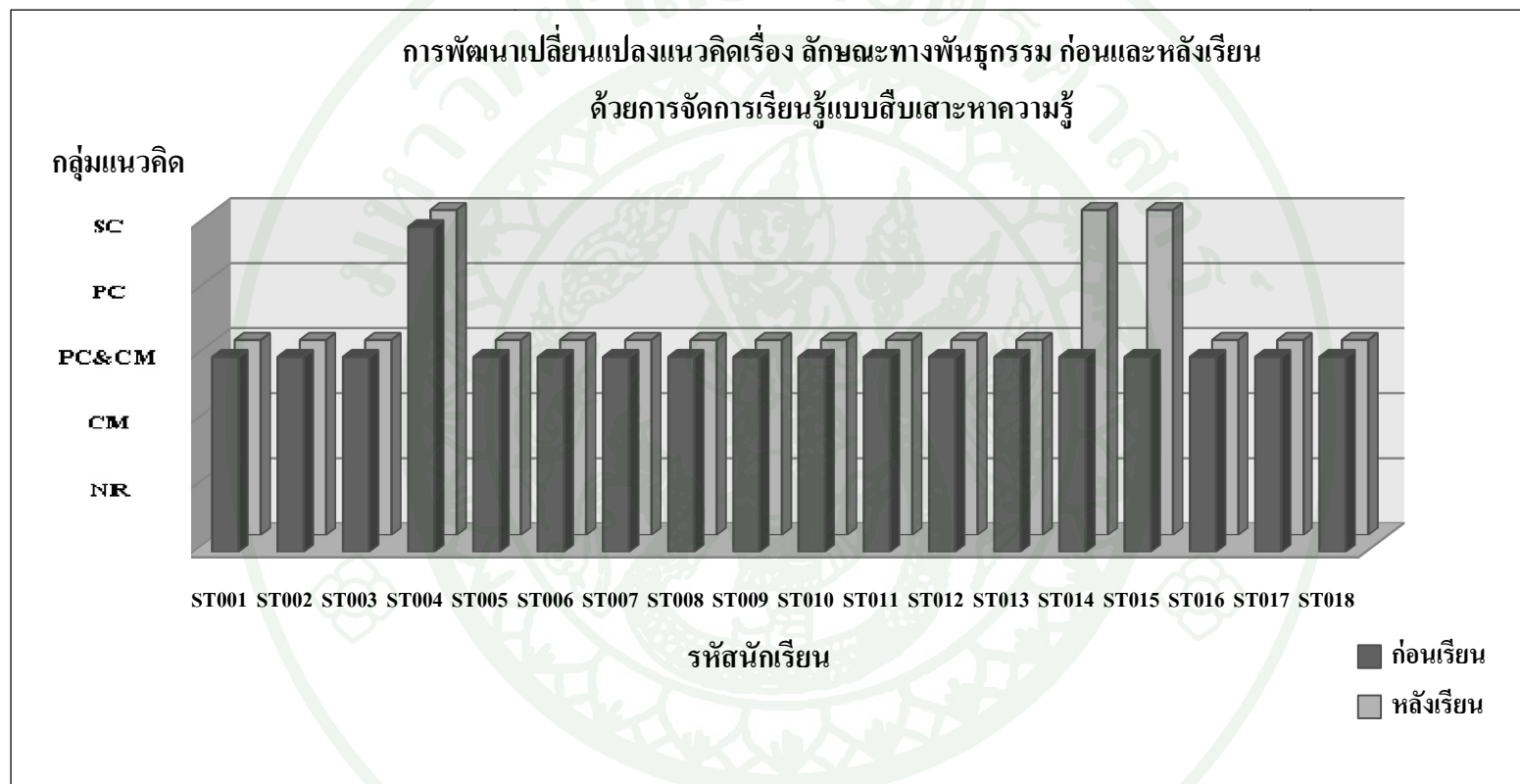
ลักษณะทางพันธุกรรมได้แก่ ผมหยิก ผมสีขาว มีลักยิ้ม ผมตรง จมูกโด่ง ถิ่นคขาว เพราะถูกถ่ายทอดโดยยีนจากพ่อแม่ ส่วนลักษณะที่ไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรมได้แก่ มีรอยแผลเป็น มีความสามารถในการผ่าตัด เพราะไม่ได้ถ่ายทอดทางพันธุกรรม เกิดจากการฝึกฝนและอุบัติเหตุ

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 1 หลังเรียน: ST031)

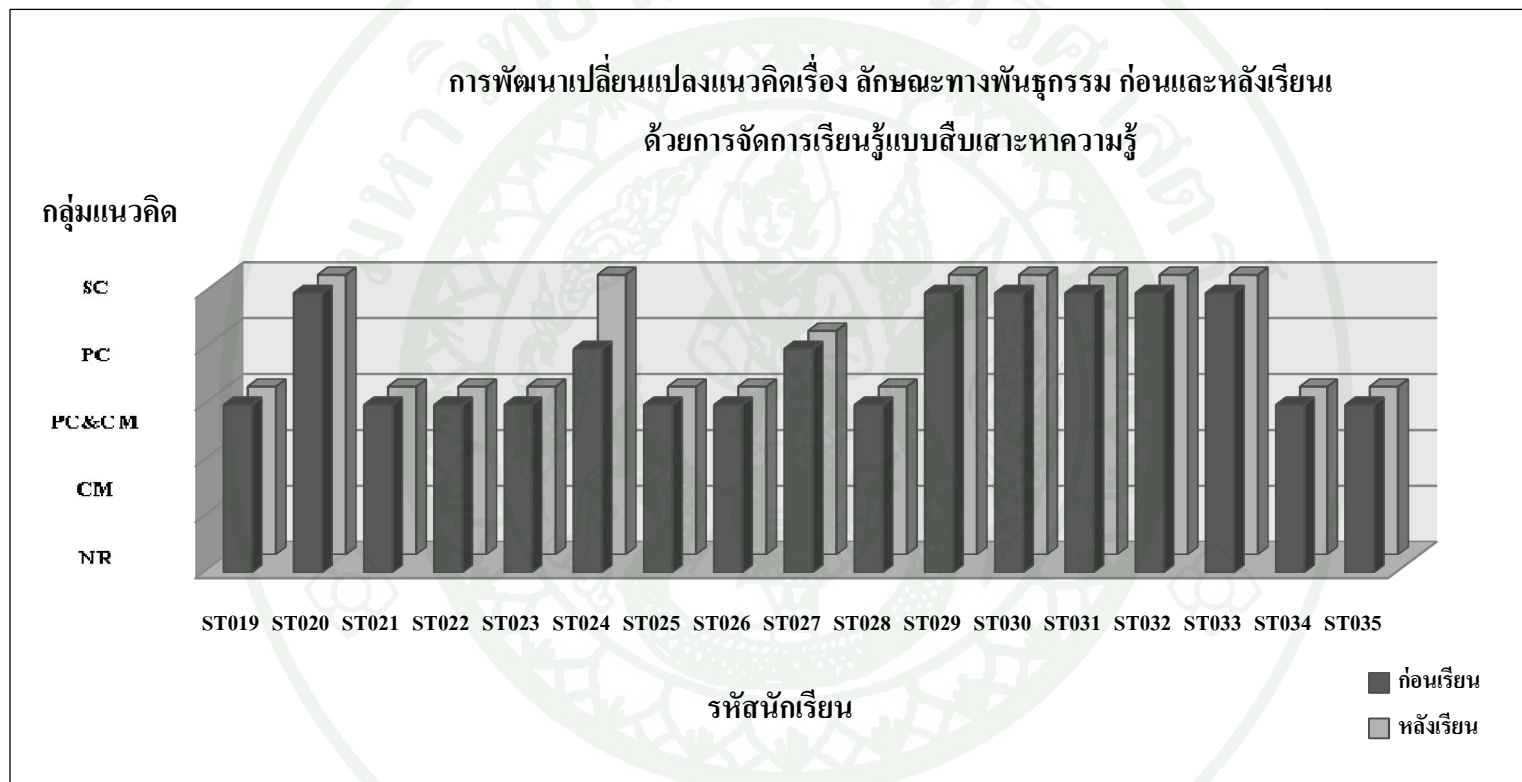
ลักษณะทางพันธุกรรมได้แก่ ผมตรง จมูกโด่ง ถิ่นคขาว ลักยิ้ม ผมหยิก เพราะได้รับมาจากพ่อแม่และบรรพบุรุษ ส่วนลักษณะที่ไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรมได้แก่ ความสามารถในการผ่าตัด รอยแผลเป็นที่ข้อมือ เพราะเกิดจากการฝึกฝนและศึกษา

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 1 หลังเรียน: ST024)

และพบว่ามิจำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์(PC) ลดลงจาก 2 คน เป็น 1 คนนอกจากนี้ไม่พบว่ามีนักเรียนคนใดที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนหรือไม่มีแนวคิด ในเรื่องลักษณะทางพันธุกรรม ซึ่งจากการวิเคราะห์แนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่านักเรียนมีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม ดังภาพที่ 2 และ 3



ภาพที่ 2 กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียน รหัส ST001-ST018



ภาพที่ 3 กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
ของนักเรียนรหัส ST0019-ST035

โดยก่อนการจัดการเรียนรู้มีนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) จำนวน 26 คน หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่านักเรียนได้พัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม เป็นอยู่ในกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) จำนวน 2 คน (ST014, ST015) นอกจากนี้ก่อนการจัดการเรียนรู้มีนักเรียนบางส่วนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PC) จำนวน 2 คน หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่านักเรียนได้พัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม เป็นอยู่ในกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) จำนวน 1 คน (ST024) แต่อย่างไรก็ตามพบว่าหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มีนักเรียนจำนวน 24 คน ที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) ไม่มีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดวิทยาศาสตร์

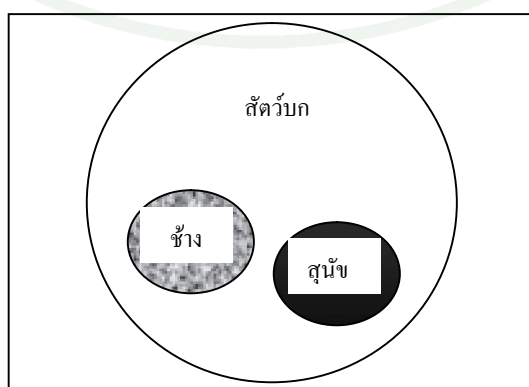
2. โครโมโซม

2.1 ความสัมพันธ์ระหว่างยีน ดีเอ็นเอและโครโมโซม

ในการวัดแนวคิดเรื่องความสัมพันธ์ของยีน ดีเอ็นเอและโครโมโซมทั้งก่อนและหลังเรียนผู้วิจัยให้นักเรียนวาดแผนภาพเวนน์ ออยเลอร์เพื่อแสดงความสัมพันธ์ระหว่างยีน ดีเอ็นเอและโครโมโซมพร้อมทั้งอธิบายความสัมพันธ์จากภาพโดยมีข้อคำถามดังนี้

คำถามข้อที่ 2. จงเขียนแผนภาพเวนน์-ออยเลอร์แสดงความสัมพันธ์ของยีน ดีเอ็นเอและโครโมโซม พร้อมอธิบายแผนภาพ

ตัวอย่าง แผนภาพเวนน์-ออยเลอร์แสดงความสัมพันธ์สัตว์บก ช้าง สุนัข



ก่อนเรียน

จากผลการวิจัยพบว่าก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 68.57, 24 คน) ไม่มีแนวคิด (NR) ในเรื่องนี้ รองลงมาคือ มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) (ร้อยละ 28.57, 10 คน) โดยนักเรียนไม่สามารถอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างยีน ดีเอ็นเอ และ โครโมโซมได้ เมื่อทำการจัดกลุ่มแนวคิดที่คลาดเคลื่อนพบว่านักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนที่หลากหลายไม่สามารถจัดกลุ่มได้ ดังที่นักเรียนตอบว่า “โครโมโซมอยู่ใน DNA และ DNA อยู่ในยีน” (ST001) “โครโมโซมและดีเอ็นเออยู่ในยีนจึงมีความสัมพันธ์กัน” (ST004) “โครโมโซมและดีเอ็นเออยู่ในบริเวณเดียวกันและมีจำนวนเท่ากัน” (ST035) และ “ยีนและโครโมโซมเป็นสิ่งที่ควบคุมลักษณะต่างๆของมนุษย์ เช่น หน้าตา เพศ” (ST025) และพบว่านักเรียนร้อยละ 2.86(1 คน) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) โดยเข้าใจว่ายีนและดีเอ็นเออยู่ในโครโมโซมดังที่นักเรียนตอบว่า “ยีนและดีเอ็นเออยู่ในโครโมโซม” (ST030)

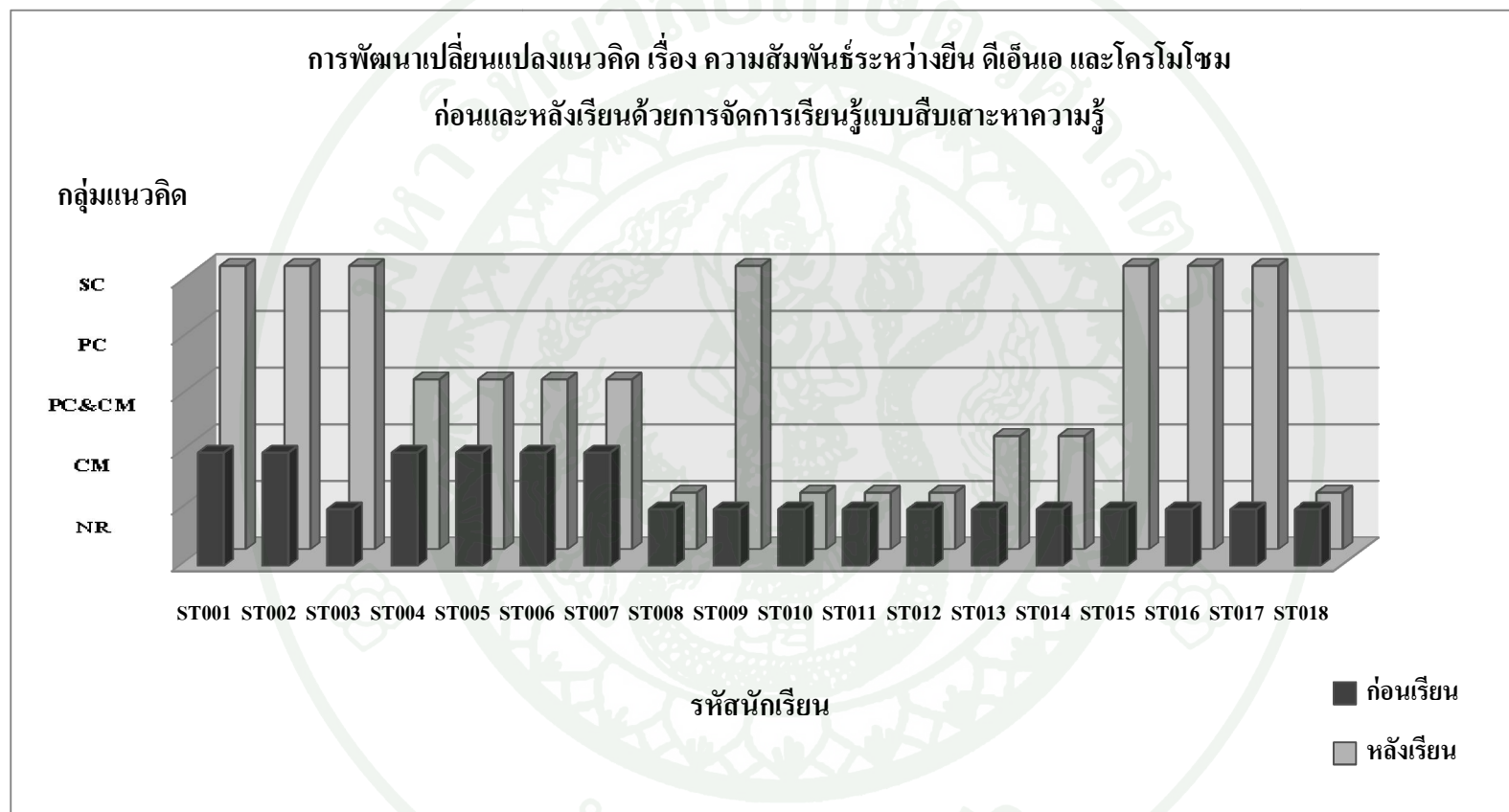
หลังเรียน

หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 31.43, 11 คน) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนที่ไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ แต่หลังเรียนพบว่านักเรียน 11 คน (ร้อยละ 31.43) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์โดยเข้าใจว่ายีนเป็นส่วนหนึ่งของดีเอ็นเอที่อยู่บนโครโมโซม ดังที่นักเรียนตอบว่า “ยีนจะอยู่ในดีเอ็นเอ และดีเอ็นเอจะอยู่บนโครโมโซม” (ST001) “โครโมโซมเกิดจากดีเอ็นเอและยีนเป็นส่วนหนึ่งของดีเอ็นเอ” (ST035) และ “ดีเอ็นเออยู่ในโครโมโซมและยีนอยู่ในดีเอ็นเอ” (ST033) รองลงมาพบว่านักเรียนร้อยละ 25.71 (9 คน) ไม่มีแนวคิด (NR) ในเรื่องนี้ โดยนักเรียนตอบคำถามที่ไม่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ถาม และนักเรียนร้อยละ 22.86(8 คน) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PC) โดยเข้าใจว่ายีนและดีเอ็นเออยู่ในโครโมโซม แต่ไม่ได้บอกว่ายีนเป็นส่วนหนึ่งของดีเอ็นเอที่อยู่ในโครโมโซมดังที่นักเรียนตอบว่า “ดีเอ็นเอและยีนอยู่ในโครโมโซม” (ST029) และ “ยีนและดีเอ็นเอเป็นส่วนหนึ่งของโครโมโซม” (ST032)

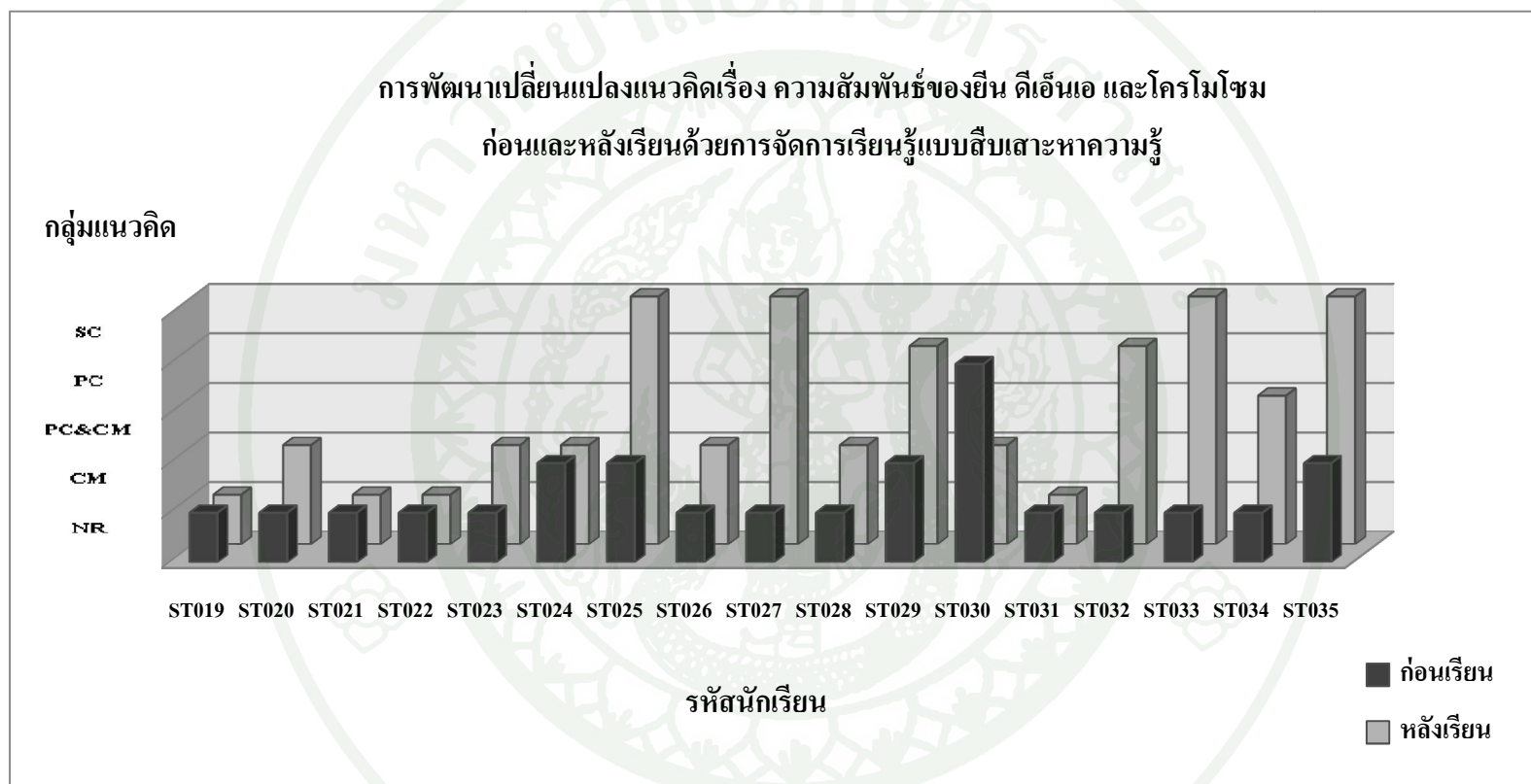
นอกจากนี้พบว่านักเรียนร้อยละ 20.00(7 คน) มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) โดยเข้าใจคลาดเคลื่อนว่ายีนเป็นส่วนหนึ่งของโครโมโซมที่อยู่ในดีเอ็นเอ ดังที่นักเรียนตอบว่า “เนื่องจากโครโมโซมน่าจะอยู่ในดีเอ็นเอและเช่นเดียวกับยีนที่อยู่ในโครโมโซม โครโมโซมและยีนน่าจะอยู่

ในดีเอ็นเอ” (ST014) และไม่พบนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) ในเรื่องนี้ ซึ่งจากการวิเคราะห์แนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่อง เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างยีน ดีเอ็นเอ และ โครโมโซม ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่านักเรียนมีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง เรื่อง ความสัมพันธ์ระหว่างยีน ดีเอ็นเอ และ โครโมโซม ดังภาพที่ 4 และ 5





ภาพที่ 4 กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิด เรื่อง ความสัมพันธ์ของยีน ดีเอ็นเอ และ โครโมโซม ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียนรหัส ST001-ST018



ภาพที่ 5 กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิด เรื่อง ความสัมพันธ์ของยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียนรหัส ST019-ST035

โดยก่อนการจัดการเรียนรู้มีนักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีแนวคิด (NR) จำนวน 24 คน หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่านักเรียนได้พัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม เป็นอยู่ในกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) จำนวน 7 คน (ST003, ST009, ST015, ST016, ST017, ST027, ST033) แนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PC) จำนวน 1 คน (ST032) แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) จำนวน 1 คน (ST034) และแนวคิดคลาดเคลื่อนจำนวน (CM) 6 คน (ST013, ST014, ST020, ST023, ST026, ST028)

นอกจากนี้ก่อนการจัดการเรียนรู้มีนักเรียนบางส่วนมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) จำนวน 10 คน หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่านักเรียนได้พัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง ลักษณะทางพันธุกรรม เป็นอยู่ในกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) จำนวน 4 คน (ST001, ST002, ST025, ST035) แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) จำนวน 1 คน (ST029)

2.2 รูปร่างของโครโมโซม

ในการวัดแนวคิดเรื่อง รูปร่างลักษณะของโครโมโซม ทั้งก่อนและหลังเรียนผู้วิจัยให้นักเรียนตอบคำถามโดยเลือกคำตอบจากตัวเลือกที่กำหนดให้ พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบซึ่งมีข้อคำถามดังนี้

คำถามข้อที่ 3. จากภาพที่กำหนดให้ ภาพใดแสดงลักษณะรูปร่างของโครโมโซม พร้อมทั้งอธิบายเหตุผล



A



B



C



D

ก่อนเรียน

ผลการวิจัยพบว่าก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 77.14, 27 คน) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) โดยเข้าใจว่าโครโมโซมมีลักษณะคล้ายตัว X หรือ ปาทองโก้ และอยู่กันเป็นคู่แต่ไม่สามารถระบุส่วนประกอบของโครโมโซมได้ อาทิ โครมาทิด หรือเซนโทรเมียร์ดังที่นักเรียนตอบว่า “ข้อ B เพราะเป็นโครงสร้างที่มีลักษณะเป็นเส้นยาว เรียกว่า เส้นใยโครมาทินชนิดตัวจันมีลักษณะเป็นท่อน ๆ อยู่เป็นคู่ๆ” (ST020) “ตอบข้อ B เพราะโครโมโซมจะมีลักษณะคล้ายปาทองโก้ หรือตัว X” (ST006) และ “ตอบข้อ B เพราะโครโมโซมจะมีลักษณะคล้ายตัว X” (ST011)

รองลงมาพบว่านักเรียนร้อยละ 14.26 (5 คน) ไม่มีแนวคิด (NR) และพบว่านักเรียนร้อยละ 8.57 (3 คน) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) โดยเข้าใจว่าโครโมโซมมีลักษณะคล้ายตัว X หรือ ปาทองโก้ และอยู่กันเป็นคู่ โดยข้างหนึ่งเป็นโครโมโซม X ประกบคู่กับโครโมโซม Y ดังที่นักเรียนตอบว่า “ข้อ B เพราะโครโมโซมมีโครโมโซม X และ Y โครโมโซมส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นคู่ มี 2 ข้าง” (ST030) และ “ข้อ B เพราะโครโมโซมของคนและสัตว์จะมีข้างหนึ่งเป็นโครโมโซม X และอีกข้างเป็น Y ซึ่งจะประกบกันเป็นปาทองโก้” (ST031)

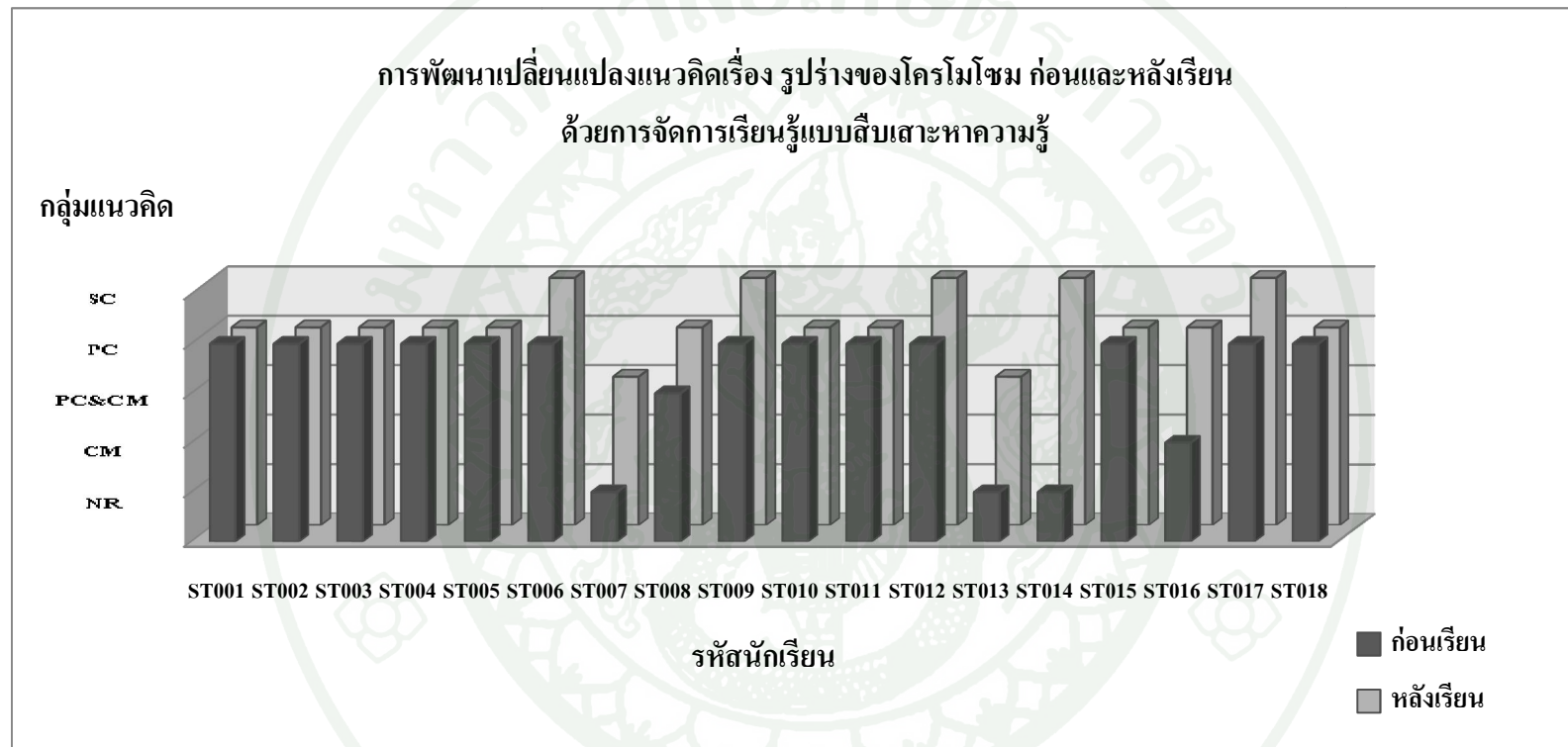
หลังเรียน

หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 60.00, 20 คน) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) โดยเข้าใจว่าโครโมโซมมีลักษณะคล้ายตัว X หรือ ปาทองโก้ และอยู่กันเป็นคู่ แต่ไม่สามารถระบุส่วนประกอบของโครโมโซมได้ อาทิ โครมาทิด หรือเซนโทรเมียร์ดังที่นักเรียนตอบว่า “ข้อ B เพราะมีลักษณะเป็นคู่ คล้ายปาทองโก้” (ST008) “ข้อ B เพราะมีลักษณะเป็นคู่อยู่ด้วยกัน มีรูปร่างเหมือนตัว X” (ST027) และ “ข้อ B เพราะลักษณะของโครโมโซมมีลักษณะเป็นแท่ง ติดกันเป็นคู่เหมือนปาทองโก้” (ST005)

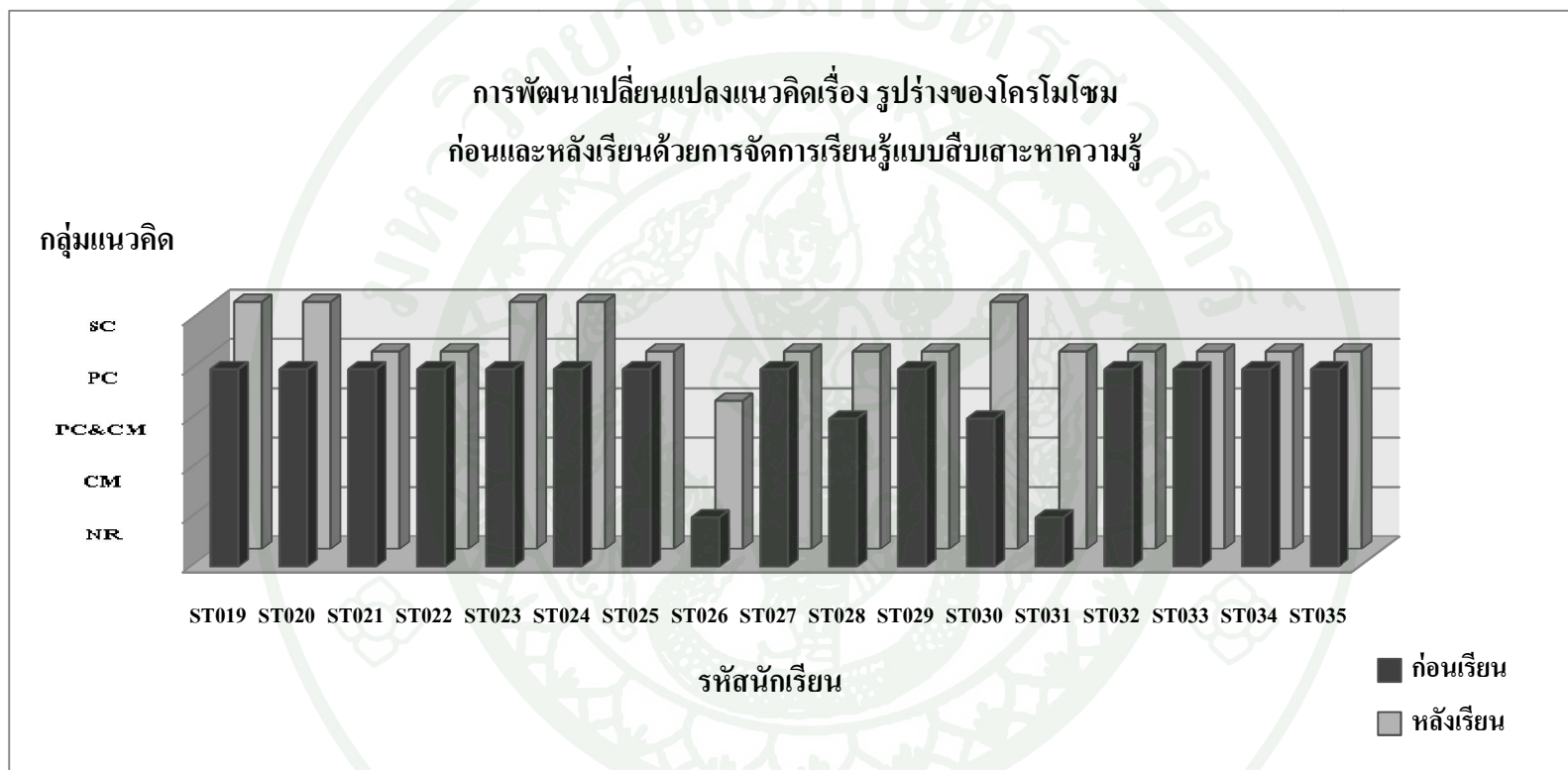
รองลงมาพบว่านักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนที่ไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ แต่หลังเรียนพบว่ามึนักเรียนร้อยละ 28.57 (10 คน) ที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ โดยเข้าใจว่าโครโมโซมมีลักษณะเป็นคู่ ประกอบด้วยแขนสองข้าง แต่ละข้างเรียกว่าโครมาทิด ซึ่ง

ทั้งสองข้างมีจุดเชื่อมที่เรียกว่า เซนโทรเมียร์ ดังที่นักเรียนตอบว่า“ข้อ B เพราะโครโมโซมของมนุษย์มี 46 แท่ง 23 คู่ จะประกอบด้วย 2 โครมาทิดและเชื่อมกันตรงเซนโทรเมียร์ โดยโครโมโซมจะมีลักษณะเป็นคู่ๆ และมีหลายประเภท” (ST020) และ “ข้อ B เพราะประกอบด้วยโครมาทิด 2 อัน และมีเซนโทรเมียร์เชื่อมโครมาทิด” (ST014)

นอกจากนี้พบว่านักเรียนร้อยละ 8.57 (3 คน) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) โดยเข้าใจว่าโครโมโซมมีลักษณะเป็นคู่ มีเซนโทรเมียร์เชื่อมตรงกลาง แต่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับรูปร่างของโครโมโซม ดังที่นักเรียนตอบว่า “ข้อ B และ C เพราะโครโมโซมจะมีลักษณะเป็นคู่เพื่อให้สมบูรณ์ มีเซนโทรเมียร์เป็นตัวแบ่ง” (ST007) และ “ข้อ B เพราะโครโมโซมมีลักษณะคล้ายตัว X มีเซนโทรเมียร์อยู่ตรงกลาง และประกอบด้วย 2 โครมาทิด” (ST013) และพบว่า มีนักเรียนร้อยละ 2.86 (1 คน) มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) ในเรื่องรูปร่างของโครโมโซม อย่างไรก็ตามไม่พบนักเรียนที่ไม่มีแนวคิด (NR) ในเรื่องนี้ ซึ่งจากการวิเคราะห์แนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่อง รูปร่างของโครโมโซม ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่านักเรียนมีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง โครโมโซม ดังภาพที่ 6 และ 7



ภาพที่ 6 กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิด เรื่อง รูปร่างของโครโมโซม ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
ของนักเรียนรหัส ST001- ST018



ภาพที่ 7 กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่อง รูปร่างของโครโมโซม ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
ของนักเรียนรหัส ST001-ST018

โดยก่อนการจัดการเรียนรู้มีนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) จำนวน 27 คน หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่านักเรียนได้พัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง รูปร่างของโครโมโซม เป็นอยู่ในกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) จำนวน 7 คน (ST006, ST009, ST012, ST014, ST017, ST019, ST020, ST023, ST024, ST030) นอกจากนี้ก่อนการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนบางส่วนไม่มีแนวคิด (NR) จำนวน 5 คน หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้พบว่า นักเรียนได้พัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง รูปร่างของโครโมโซม เป็นอยู่ในกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) จำนวน 1 คน (ST014) แนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PC) จำนวน 1 คน (ST031) และแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) จำนวน 3 คน (ST07, ST013, ST026)

2.3 จำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิต

ในการวัดแนวคิดเรื่องจำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิต ทั้งก่อนและหลังเรียนผู้วิจัยให้นักเรียนเปรียบเทียบจำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิต 3 กลุ่ม คือ มด ปลา และช้าง โดยมีข้อคำถามดังนี้

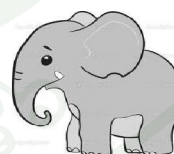
คำถามข้อที่ 4. ให้นักเรียนดูภาพข้างล่างและตอบคำถามนักเรียนคิดว่าสิ่งมีชีวิตในภาพใดน่าจะมีจำนวนโครโมโซมมากที่สุดและน้อยที่สุด



A



B



C

ก่อนเรียน

ผลการวิจัยพบว่าก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 65.71, 23 คน) มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) โดยเข้าใจว่าขนาดของสิ่งมีชีวิตมีความสัมพันธ์กับจำนวนโครโมโซม โดยสิ่งมีชีวิตขนาด

ใหญ่จะมีจำนวนโครโมโซมมากกว่าสิ่งมีชีวิตขนาดเล็ก ดังที่นักเรียนตอบว่า “มดจะมีจำนวนโครโมโซมมากที่สุด ส่วนช้างจะมีจำนวนโครโมโซมน้อยที่สุด เพราะสัตว์ที่มีขนาดเล็กกว่าส่วนใหญ่จะมีจำนวนโครโมโซมมากกว่าสัตว์ที่มีขนาดใหญ่” (ST030) “มดมีจำนวนโครโมโซมมากกว่าช้าง เพราะสัตว์ที่ตัวเล็กจะมีโครโมโซมมากกว่าสัตว์ใหญ่” (ST032) และ “ช้างมีจำนวนโครโมโซมมากที่สุดและมดมีจำนวนโครโมโซมน้อยที่สุด เพราะน่าจะเกี่ยวกับรูปร่างและส่วนต่างๆ ของร่างกาย จึงคาดว่าอาจจะขึ้นกับรูปร่าง” (ST034) เป็นต้น รองลงมาพบว่านักเรียนร้อยละ 34.29 (12 คน) ไม่มีแนวคิด (NR) ในเรื่องจำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิต

หลังเรียน

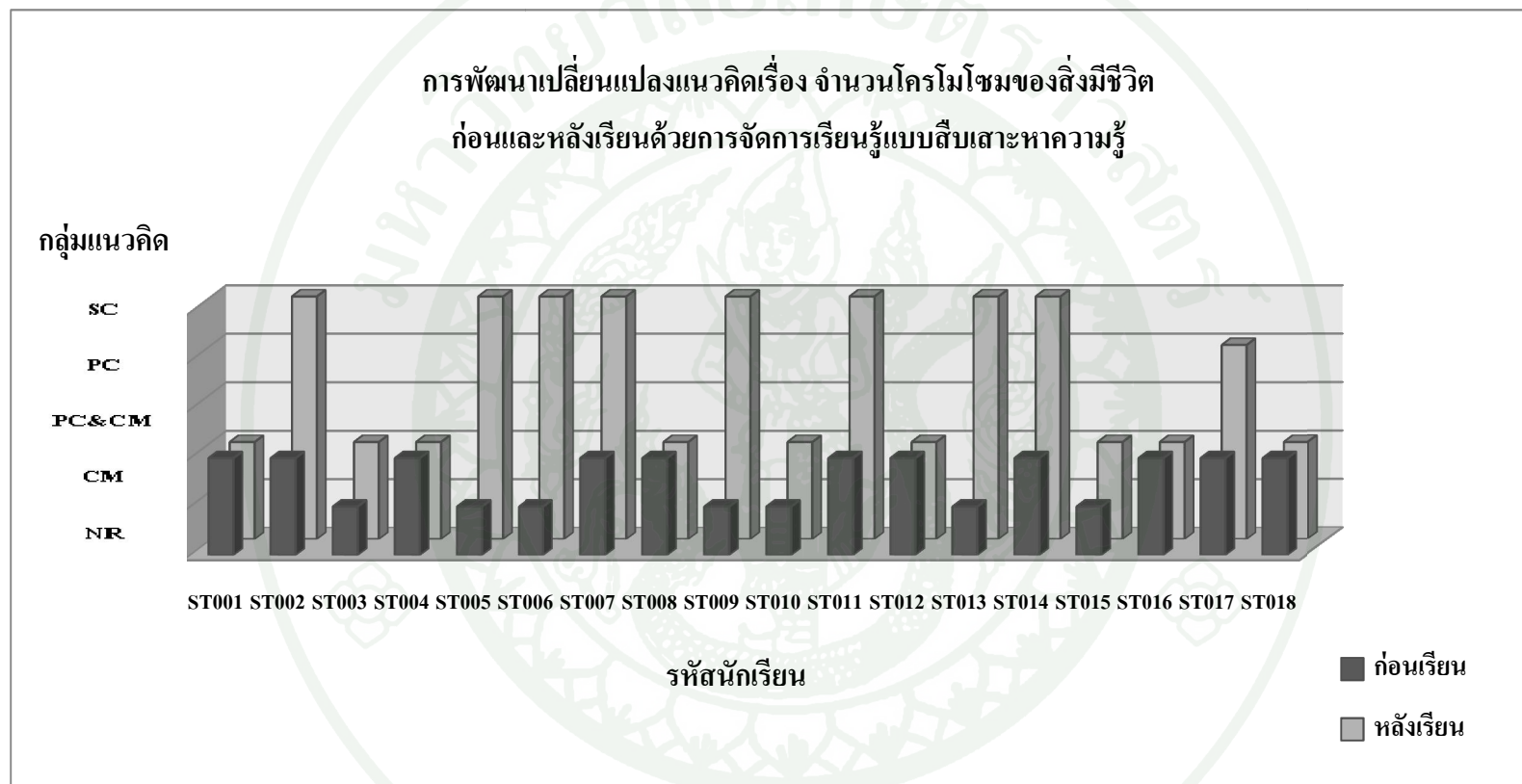
หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 68.57, 24 คน) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) โดยเข้าใจว่าจำนวนโครโมโซมไม่มีความสัมพันธ์กับขนาดของสิ่งมีชีวิต ดังที่นักเรียนตอบว่า “สิ่งมีชีวิตขนาดใหญ่ไม่จำเป็นต้องมีจำนวนโครโมโซมมาก เพราะขนาดของสิ่งมีชีวิต ไม่ได้เกี่ยวข้องหรือขึ้นอยู่กับจำนวนโครโมโซม” (ST009) “อาจไม่สามารถบอกได้เนื่องจากขนาดของสิ่งมีชีวิตไม่ได้เกี่ยวข้องกับจำนวนโครโมโซม” (ST023) และ “สิ่งมีชีวิตมีโครโมโซมแตกต่างกัน ซึ่งจำนวนโครโมโซมนั้นไม่ได้ขึ้นอยู่กับขนาดของสิ่งมีชีวิต สัตว์บางชนิดตัวเล็กแต่มีโครโมโซมมากกว่าสัตว์ตัวใหญ่” (ST032)

รองลงมาพบว่านักเรียนร้อยละ 28.57 (10 คน) มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) โดยเข้าใจว่าจำนวนโครโมโซมมีความสัมพันธ์กับขนาดและรูปร่างของสิ่งมีชีวิต ดังที่นักเรียนตอบว่า “จำนวนโครโมโซมมีเยอะตามขนาดของร่างกายและระบบต่างๆ ในร่างกาย” (ST034) และ “ช้างน่าจะมีจำนวนโครโมโซมมากที่สุด และมดน่าจะมีจำนวนโครโมโซมน้อยที่สุด เนื่องจากสัตว์ทั้งสองชนิดมีขนาดและรูปร่างที่ต่างกัน โดยรูปร่างและขนาดน่าจะมีผลต่อจำนวนโครโมโซม” (ST001)

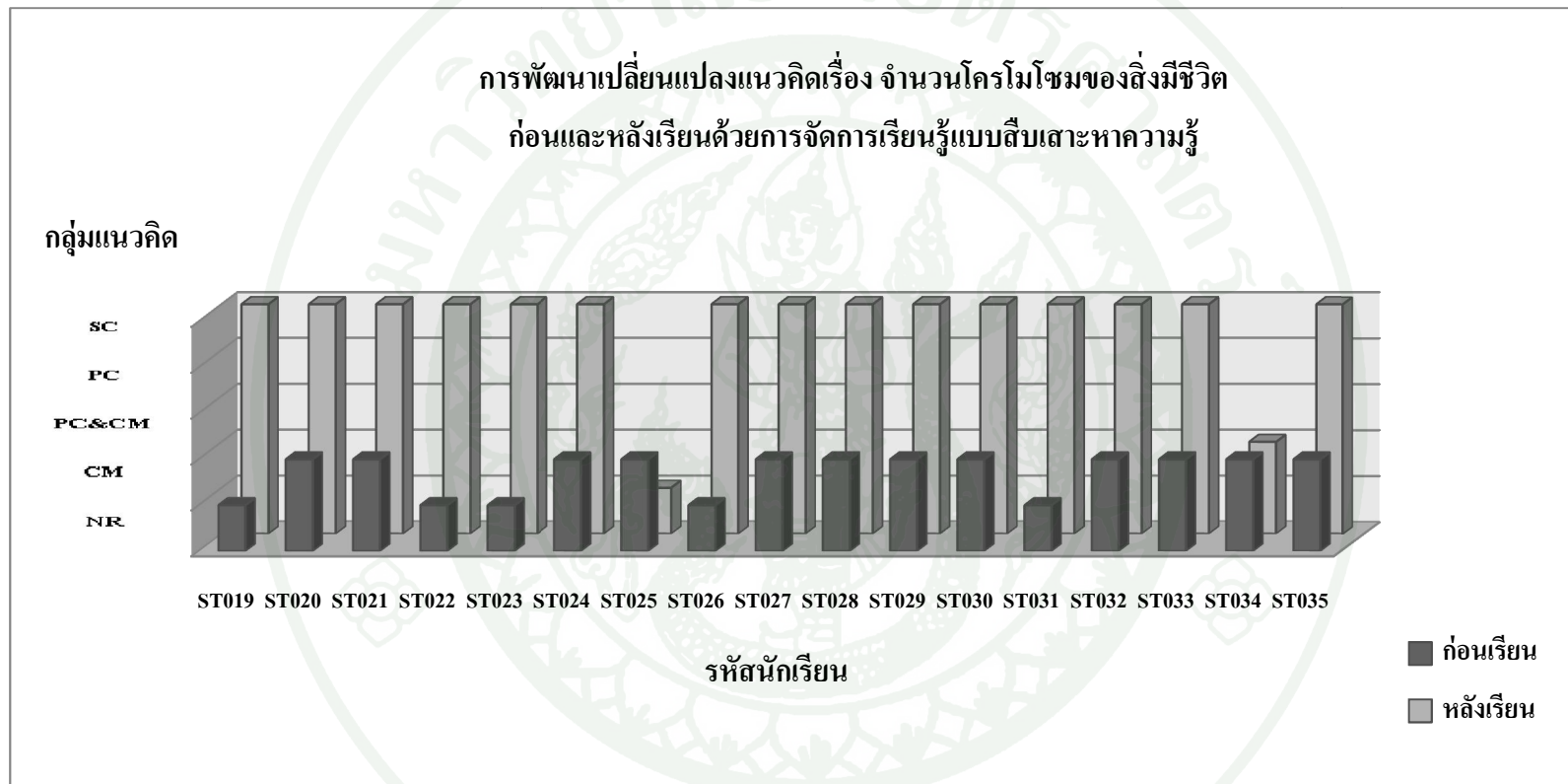
จากการวิเคราะห์คำตอบของนักเรียนพบว่าสาเหตุที่จำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนลดลงจากก่อนเรียน เนื่องจากนักเรียนกลุ่มนี้กลายเป็นกลุ่มนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์สมบูรณ์ นอกจากนี้ผลการวิจัยระบุว่าไม่มีนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) และแนวคิดไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) ในเรื่องนี้ ซึ่งจากการวิเคราะห์แนวคิด

วิทยาศาสตร์เรื่อง จำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิต ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหา
ความรู้ พบว่านักเรียนมีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง จำนวนโครโมโซม
ดังภาพที่ 8 และ 9





ภาพที่ 8 กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่อง จำนวน โครโมโซมของสิ่งมีชีวิต ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
ของนักเรียนรหัส ST001-ST018



ภาพที่ 9 กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่อง จำนวน โครโมโซมของสิ่งมีชีวิต ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
ของนักเรียนรหัส ST019-ST035

โดยก่อนการจัดการเรียนรู้มีนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) จำนวน 23 คน หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่านักเรียนได้พัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง จำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิต เป็นอยู่ในกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) จำนวน 15 คน (ST002, ST007, ST011, ST014, ST017, ST020, ST021, ST024, ST027, ST028, ST029, ST030, ST032, ST033, ST035) นอกจากนี้ก่อนการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนบางส่วนไม่มีแนวคิด (NR) จำนวน 12 คน หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้พบว่า นักเรียนได้พัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง รูปร่างของโครโมโซม เป็นอยู่ในกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) จำนวน 9 คน (ST005, ST006, ST009, ST013, ST019, ST022, ST023, ST026, ST031) แนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) จำนวน 3 คน (ST003, ST010, ST015)

3. การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

3.1 หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

ในการวัดแนวคิดเรื่อง หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสทั้งก่อนและหลังเรียนผู้วิจัยให้นักเรียนตอบคำถามจากสถานการณ์เกี่ยวกับการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสของเซลล์ผิวหนัง โดยมีข้อคำถามดังนี้

คำถามข้อที่ 5. กำหนดให้เซลล์ผิวหนัง 1 เซลล์ มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 8 หากเซลล์ผิวหนังเกิดการแบ่งเซลล์จะได้เซลล์ลูกที่แต่ละเซลล์มีจำนวนโครโมโซมเป็นเท่าใด มีความแตกต่างของสารพันธุกรรมระหว่างเซลล์ลูกด้วยกันเอง และระหว่างเซลล์ลูกกับเซลล์แม่หรือไม่ อย่างไร

ก่อนเรียน

ผลการวิจัยพบว่าก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 62.86, 22 คน) มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) เมื่อทำการจัดกลุ่มแนวคิดที่คลาดเคลื่อนสามารถจัดได้เป็น 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 นักเรียนเข้าใจว่าในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส นั้น เซลล์ลูกที่ได้จะมีจำนวนโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่งและมีสารพันธุกรรมที่แตกต่างจากเซลล์แม่ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนด้านล่าง

เซลล์ลูกที่ได้จะมีจำนวนโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่งคือ 4 โครโมโซม เซลล์ลูกที่ได้นั้นจะมีความแตกต่างกัน เพราะเซลล์บางเซลล์อาจได้รับยีนเด่น เซลล์บางเซลล์อาจได้รับยีนด้อย ส่วนเซลล์ลูกกับเซลล์เริ่มต้นนั้นจะมีความแตกต่างกัน เนื่องจากเซลล์เริ่มต้นถ่ายทอดมาไม่หมด

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 3 ก่อนเรียน: ST006)

เซลล์ลูกที่ได้จะมีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 4 โครโมโซม โดยเซลล์ลูกที่ได้แต่ละเซลล์จะมีความแตกต่างกัน เพราะเซลล์ลูกแต่ละเซลล์อาจจะได้รับยีนหรือโครโมโซมแตกต่างกัน จึงมีลักษณะแตกต่างทั้งขนาดและรูปร่าง ส่วนเซลล์แม่และเซลล์ลูกนั้นก็จะมีสารพันธุกรรมที่แตกต่างกัน

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 3 ก่อนเรียน: ST005)

เซลล์ลูกที่ได้จะมีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 4 โดยระหว่างเซลล์ลูกที่ได้นั้นอาจเหมือนกันหรือต่างกัน สิ่งเหมือนกันคือ จำนวนโครโมโซม สิ่งต่างกันคือ ลักษณะทางพันธุกรรม ส่วนระหว่างเซลล์ลูกและเซลล์แม่นั้นอาจจะเหมือนกันในบางอย่าง แต่บางอย่างอาจไม่เหมือน เพราะเราอาจได้โครโมโซมบางอย่างมาจากพ่อและบางอย่างมาจากแม่

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 3 ก่อนเรียน: ST004)

กลุ่มที่ 2 นักเรียนเข้าใจว่าในการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส นั้น เซลล์ลูกที่ได้จะมีจำนวนโครโมโซมเพิ่มขึ้นเป็นสองเท่าและมีสารพันธุกรรมที่เหมือนกับเซลล์แม่ดังที่นักเรียนตอบว่า “เซลล์ลูกที่ได้มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 16 โดยเซลล์ลูกที่ได้นั้นจะมีสารพันธุกรรมที่เหมือนกับเซลล์แม่ เพราะแบ่งมาจากเซลล์แม่” (ST030)

รองลงมาพบว่านักเรียนร้อยละ 25.71 (9 คน) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) โดยเข้าใจถูกต้องว่าการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็นการแบ่งของเซลล์ร่างกายและเซลล์ลูกที่ได้จะมีสารพันธุกรรมเหมือนกับเซลล์แม่ อย่างไรก็ตามนักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าจำนวนโครโมโซมของเซลล์ลูกที่ได้ภายหลังจากการแบ่งเซลล์จะมีจำนวนลดลงหรือเพิ่มขึ้นจากเซลล์ตั้งต้น (เซลล์แม่) ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนด้านล่าง

เซลล์ลูกที่ได้จะมีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 16 โดยเซลล์ลูกที่ได้นั้นจะมีสารพันธุกรรมที่เหมือนกับเซลล์แม่

(แบบวัดแนวคตินับที่ 3 ก่อนเรียน: ST009)

เซลล์ลูกที่ได้จะมีจำนวนโครโมโซมคือ 4 โครโมโซม โดยเซลล์ลูกที่ได้นั้นจะมีสารพันธุกรรมเหมือนกับเซลล์แม่ เพราะแบ่งออกมาจากเซลล์แม่

(แบบวัดแนวคตินับที่ 3 ก่อนเรียน: ST035)

เซลล์ลูกที่ได้จะมีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 4 โดยมีความแตกต่างของสารพันธุกรรมระหว่างเซลล์ลูกด้วยกันเอง เพราะการถ่ายทอดพันธุกรรมจะมีการเปลี่ยนแปลงไปแต่ละรุ่น ส่วนระหว่างเซลล์ลูกและเซลล์แม่นั้น ไม่มีความแตกต่างของสารพันธุกรรม เพราะเป็นการแบ่งมาจากเซลล์แม่

(แบบวัดแนวคตินับที่ 3 ก่อนเรียน: ST013)

นอกจากนี้พบว่านักเรียนร้อยละ 11.43 (4 คน) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PC) โดยนักเรียนเข้าใจถูกต้องว่าการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็นการแบ่งของเซลล์ร่างกายและเซลล์ลูกที่ได้จะมีจำนวนโครโมโซมเท่าเดิมและมีสารพันธุกรรมเหมือนกับเซลล์แม่ แต่นักเรียนไม่สามารถอธิบายเหตุผลว่าเพราะเหตุใดเซลล์ลูกจึงมีสารพันธุกรรมเหมือนเซลล์แม่ ดังที่นักเรียนตอบว่า “เซลล์ลูกจะมีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 8 โดยไม่มีความแตกต่างของสารพันธุกรรมทั้งระหว่างเซลล์ลูกด้วยกันเองและเซลล์ลูกกับเซลล์แม่”(ST007) และ “เซลล์ลูกจะมีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 8 โดยไม่มีความแตกต่างของสารพันธุกรรมทั้งระหว่างเซลล์ลูกด้วยกันเองและเซลล์ลูกกับเซลล์แม่ เพราะเซลล์ลูกได้มาจากเซลล์แม่” (ST029)

หลังเรียน

หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้พบว่าหลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 51.43, 18 คน) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PC) โดยเข้าใจถูกต้องว่าการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็นการแบ่งของเซลล์ร่างกาย เซลล์ลูกที่ได้จะมีจำนวนโครโมโซมเท่าเดิมและมีสารพันธุกรรมเหมือนกับเซลล์แม่ แต่นักเรียนไม่ได้อธิบายเหตุผลว่าเพราะเหตุใดเซลล์ลูกจึงมีสารพันธุกรรมเหมือนเซลล์แม่ ดังที่นักเรียนตอบว่า “มีจำนวนโครโมโซม 8 เท่าเดิม โดยเซลล์ลูกจะมี

สารพันธุกรรมเหมือนกับเซลล์แม่” (ST012) “มีจำนวนโครโมโซมเท่าเดิม โดยเซลล์ลูกจะมีสารพันธุกรรมเหมือนกับเซลล์แม่และเซลล์ลูกด้วยตัวเอง” (ST011) และ “จำนวนโครโมโซม 8 เท่าเดิม โดยเซลล์ลูกจะมีสารพันธุกรรมเหมือนกับเซลล์แม่เพราะมีการแบ่งเท่ากัน” (ST005)

รองลงมาพบว่านักเรียนร้อยละ 28.57 (10 คน) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) โดยเข้าใจว่าการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็นการแบ่งของเซลล์ร่างกาย เซลล์ลูกที่ได้จะมีสารพันธุกรรมเหมือนกับเซลล์แม่แต่นักเรียนมีความคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับจำนวนของโครโมโซมของเซลล์ลูกที่ภายหลังจากการแบ่งเซลล์จะมีจำนวนลดลงหรือเพิ่มขึ้นดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนด้านล่าง

เซลล์ลูกที่ได้จะมีจำนวนโครโมโซมคือ 4 โครโมโซม โดยเซลล์ลูกที่ได้นั้นจะไม่มี ความแตกต่างกันในเรื่องของสารพันธุกรรม เพราะแบ่งออกมาจากเซลล์เริ่มต้นเดียวกัน นอกจากนี้เซลล์ลูกที่ได้นั้นจะมีสารพันธุกรรมเหมือนกับเซลล์แม่ เพราะแบ่งออกมาจากเซลล์แม่ โดยแบ่งออกมาเป็นเซลล์ลูก 2 เซลล์ และเซลล์ลูกก็จะกลายเป็นเซลล์เริ่มต้นอีกครั้ง แบ่งไปเรื่อยๆ

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 3 หลังเรียน: ST015)

เซลล์ลูกที่ได้จะมีจำนวนโครโมโซมเท่าเดิมคือ 8 ไม่มีความแตกต่างระหว่างเซลล์ลูกด้วยตัวเอง แต่มีความแตกต่างระหว่างเซลล์ลูกกับเซลล์แม่

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 3 หลังเรียน: ST024)

เซลล์ลูกที่ได้จะมีจำนวนโครโมโซมคือ 4 โครโมโซม โดยเซลล์ลูกที่ได้นั้นไม่มีความแตกต่างกันในเรื่องของสารพันธุกรรม เพราะแบ่งออกมาจากเซลล์เริ่มต้นเดียวกัน

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 3 หลังเรียน: ST030)

และพบว่ามึนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนที่ไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ แต่หลังเรียนพบว่ามึนักเรียนร้อยละ 20.00 (7 คน) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ โดยเข้าใจว่าการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็นการแบ่งของเซลล์ร่างกาย เซลล์ลูกที่ได้จะมีจำนวนโครโมโซมเท่าเดิมและมีสารพันธุกรรมที่เหมือนกับเซลล์แม่ ส่วนเซลล์ลูกด้วยกันจะมีสารพันธุกรรมที่ไม่แตกต่างกัน เนื่องจากเป็นการแบ่งออกมาจากเซลล์แม่ ดังตัวอย่างคำตอบของ

นักเรียนด้านล่างนอกจากนี้ไม่พบนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) และไม่มีแนวคิด (NR) ในเรื่องหลักการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

เซลล์ผิวหนังที่เกิดจากการแบ่งตัวจะได้เซลล์ลูกที่มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 8 โดยระหว่างเซลล์ลูกที่ได้แบ่งได้จะไม่มีความแตกต่างในเรื่องของสารพันธุกรรม เนื่องจากแบ่งมาจากเซลล์แม่เดียวกัน ส่วนเซลล์ลูกและเซลล์แม่ก็ไม่มีความแตกต่างในเรื่องของสารพันธุกรรมเช่นเดียว เพราะแบ่งออกมาจากเซลล์แม่

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 3 หลังเรียน: ST025)

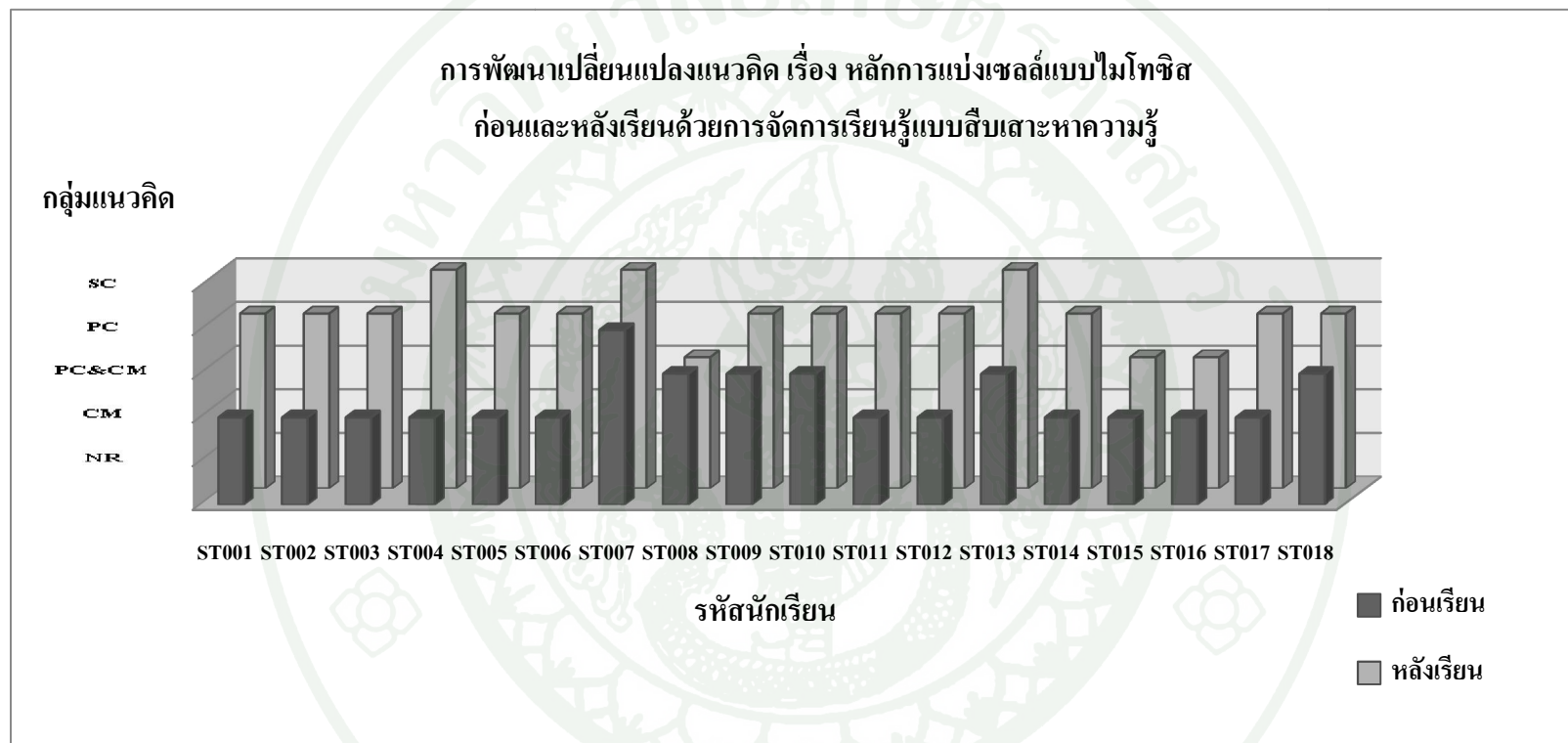
มีจำนวนโครโมโซมเท่าเดิมคือ 8 เพราะเป็นการแบ่งเซลล์ร่างกาย โดยเซลล์ลูกจะมีสารพันธุกรรมเหมือนกับเซลล์แม่และเซลล์ลูกด้วยตนเอง

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 3 หลังเรียน: ST004)

มีจำนวนโครโมโซม 8 เท่าเดิม โดยเซลล์ลูกที่ได้จากการแบ่งเซลล์นั้นจะไม่มีความแตกต่างในเรื่องของสารพันธุกรรม เนื่องจากได้รับการถ่ายทอดสารพันธุกรรมจากเซลล์แม่ และระหว่างเซลล์ลูกกับเซลล์แม่ก็จะไม่มีความแตกต่างกันในเรื่องของสารพันธุกรรม เพราะเซลล์แม่เป็นต้นกำเนิดของเซลล์ลูก

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 3 หลังเรียน: ST031)

ซึ่งจากการวิเคราะห์แนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่อง หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่านักเรียนมีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ดังภาพที่ 10 และ 11



ภาพที่ 10 กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่อง หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
ของนักเรียนรหัส ST001-ST018



ภาพที่ 11 กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่อง หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
ของนักเรียนรหัส ST019-ST035

โดยก่อนการจัดการเรียนรู้มีนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) จำนวน 22 คน หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่านักเรียนได้พัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส เป็นอยู่ในกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) จำนวน 1 คน (ST004) แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) จำนวน 13 คน (ST001, ST002, ST003, ST005, ST006, ST011, ST012, ST014, ST020, ST021, ST022, ST023, ST032) แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) จำนวน 6 คน (ST015, ST016, ST024, ST027, ST028, ST030)

นอกจากนี้ก่อนการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนบางส่วนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) จำนวน 9 คน หลังการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนได้พัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิด เป็นอยู่ในกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) จำนวน 4 คน (ST009, ST010, ST013, ST031) กลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) จำนวน 5 คน (ST018, ST019, ST026, ST033, ST035)

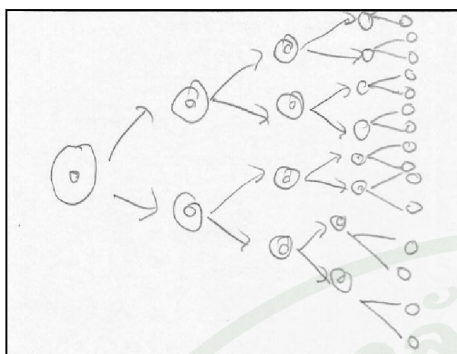
3.2 กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

ในการวัดแนวคิดเรื่อง กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสก่อนและหลังเรียนผู้วิจัยให้นักเรียนวาดภาพกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและอธิบายประกอบโดยมีข้อคำถามดังนี้

คำถามข้อที่ 6.ให้นักเรียนอธิบายกระบวนการแบ่งเซลล์ร่างกาย (Mitosis) โดยวาดภาพพร้อมทั้งอธิบายการแบ่งเซลล์ในแต่ละระยะ

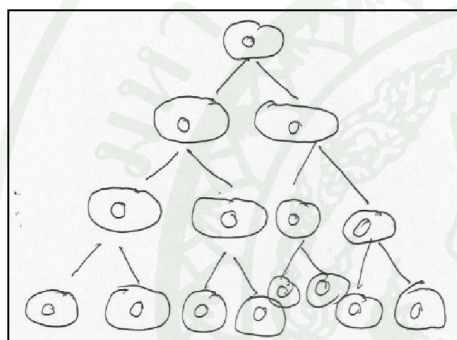
ก่อนเรียน

ผลการวิจัยพบว่าก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ร้อยละ 60.00 (21 คน) มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) โดยเข้าใจว่าการแบ่งเซลล์ใดก็ตามจะมีการแบ่งในลักษณะทวิคูณ โดยการแยกออกเป็นสองเซลล์หรือแบ่งจาก 1 เป็น 2 ไปเรื่อยๆ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนด้านล่าง



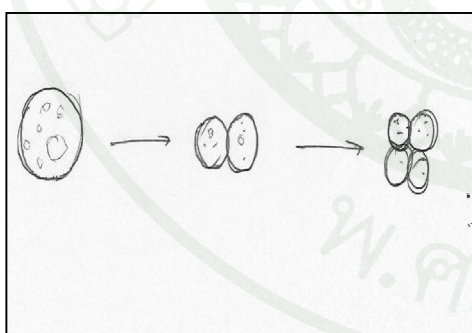
แบ่งจาก 1 เป็น 2 จาก 2 เป็น 4 จาก 4 เป็น 8
และแบ่งตัวออกไปเรื่อยๆ

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 3 ก่อนเรียน: ST002)



การแบ่งเซลล์จากเซลล์ต้นกำเนิดจะแบ่งออก
จาก 1 เป็น 2 เป็น 4, 8, 16 ไปเรื่อย

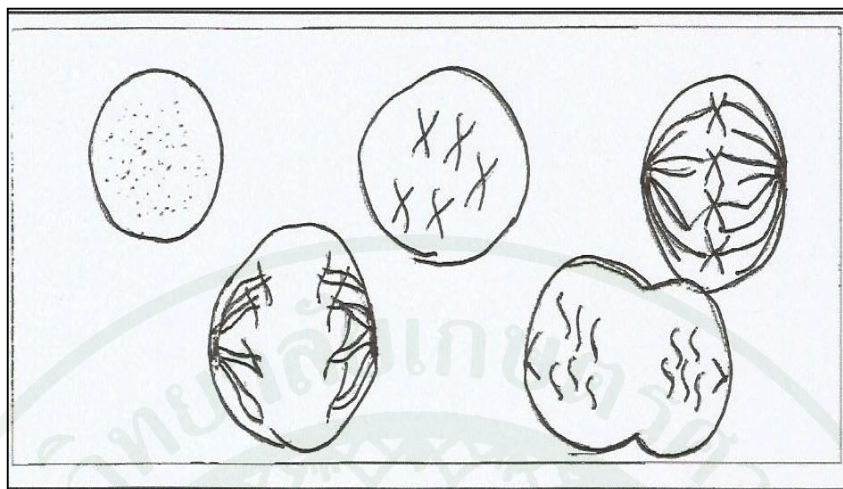
(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 3 ก่อนเรียน: ST033)



เป็นการแบ่งเซลล์จากเซลล์หนึ่งไปยังอีกหลาย
เซลล์

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 3 ก่อนเรียน: ST018)

รองลงมาพบว่านักเรียนร้อยละ 34.29 (12 คน) ไม่มีแนวคิด (NR) ในเรื่องกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส และพบว่านักเรียนร้อยละ 2.86 (1 คน) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) โดยนักเรียนเข้าใจว่ากระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสประกอบด้วยระยะอินเตอร์เฟส โพรเฟส เมทาเฟส แอนาเฟสและเทโลเฟส แต่นักเรียนไม่ได้ระบุถึงจำนวนโครโมโซมของเซลล์เริ่มต้นและเซลล์ลูกที่ได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนด้านล่าง

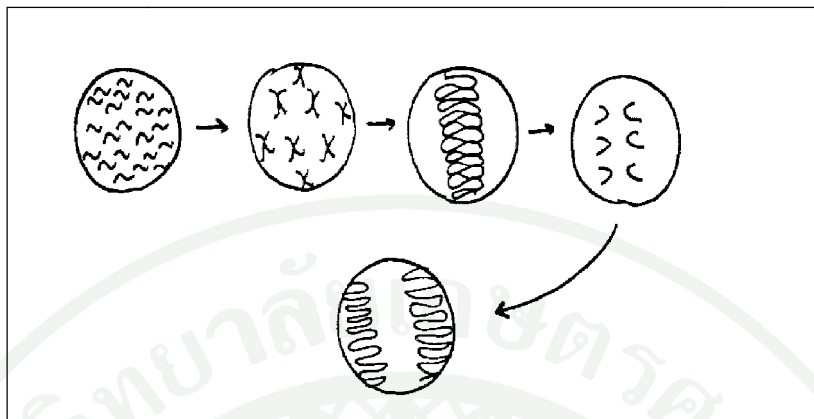


1. ระยะอินเทอร์เฟสคือ ระยะที่จะเตรียมพร้อมก่อนการแบ่งนิวเคลียส
2. ระยะโพรเฟสคือ ระยะที่เห็นนิวเคลียสได้ชัดเจนที่สุด
3. ระยะเมทาเฟสคือ ระยะที่เยื่อหุ้มนิวเคลียสลายตัว
4. ระยะแอนาเฟสคือ ระยะที่เกิดขึ้นอย่างรวดเร็ว
5. ระยะเทโลเฟสคือ ระยะที่มีการสังเคราะห์เยื่อหุ้มนิวเคลียสขึ้นมาใหม่

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 3 ก่อนเรียน: ST025)

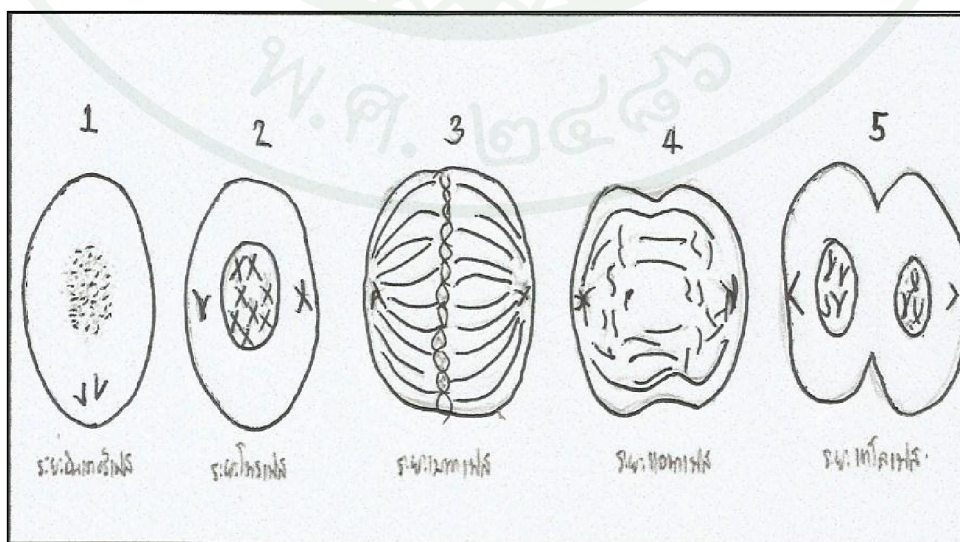
หลังเรียน

หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้พบว่าหลังเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 51.43, 18 คน) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PC) โดยเข้าใจว่ากระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสประกอบด้วยระยะอินเทอร์เฟส โพรเฟสเมทาเฟส แอนาเฟสและเทโลเฟส แต่นักเรียนไม่ได้ระบุถึงจำนวนโครโมโซมของเซลล์เริ่มต้นและเซลล์ลูกที่ได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนด้านล่าง



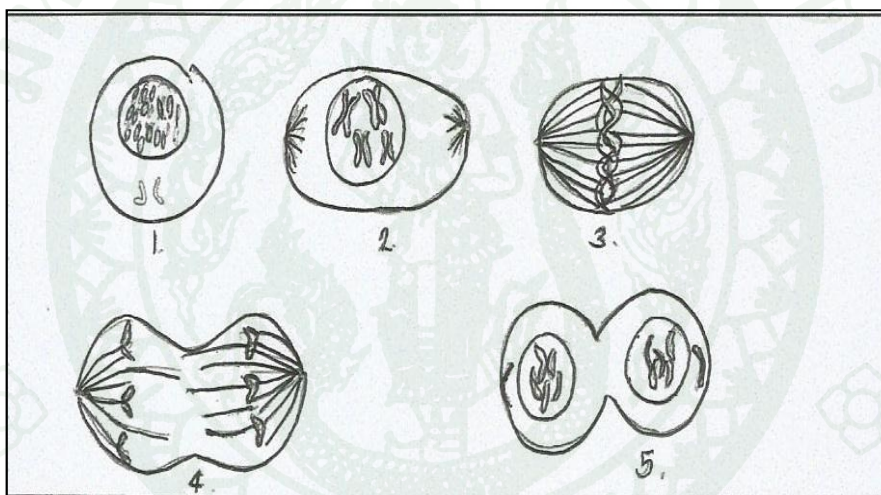
1. ระยะอินเตอร์เฟส: มีการเพิ่มจำนวนโครโมโซมขึ้นมาอีกชุดหนึ่ง (1 โครโมโซมมี 2 โครมาทิด)มีการเปลี่ยนแปลงและใช้เวลานานที่สุด
2. ระยะโพรเฟส: โครมาทิดหดสั้น ทำให้มองเห็นเป็นแท่งชัดเจน เชื้อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสสลายไป และเซนทริโอลเคลื่อนที่ไปสองข้างของขั้วเซลล์เพื่อสร้างไมโทติคไฟเบอร์
3. ระยะเมทาเฟส โครโมโซมเรียงกันตามแนวกึ่งกลางเซลล์
4. ระยะแอนาเฟส โครมาทิดถูกดึงแยกออกจากกัน กลายเป็นโครโมโซมอิสระ
5. ระยะเทโลเฟส โครโมโซมจะถูกจะไปรวมกันอยู่ตรงข้างของเซลล์

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 3 หลังเรียน: ST013)



1. ระยะอินเทอร์เฟส เป็นระยะที่เซลล์มีการเตรียมพร้อมก่อนที่จะแบ่งนิวเคลียสและไซโทพลาสซึม แบ่งออกได้ 3 ระยะย่อย คือ ระยะจี 1 ระยะเอส และระยะจี 2
2. ระยะโพรเฟส เป็นระยะที่โครมาตินมีการขดตัวโดยการบิดของเกลียวของโครโมโซมให้สั้นลง ทำให้เห็นโครโมโซมชัดเจน
3. ระยะเมทาเฟส เป็นระยะที่นิวเคลียสสลายตัว เส้นใยสปินเดิลเข้าไปจับกับโครโมโซม
4. ระยะแอนาเฟส เป็นระยะการแยกตัวของโครมาทิด แต่ละโครมาทิดจะถูกดึงให้แยกออกจากกันในทิศตรงกันข้าม
5. ระยะเทโลเฟส เป็นระยะที่เกิดการแบ่งไซโทพลาสซึม

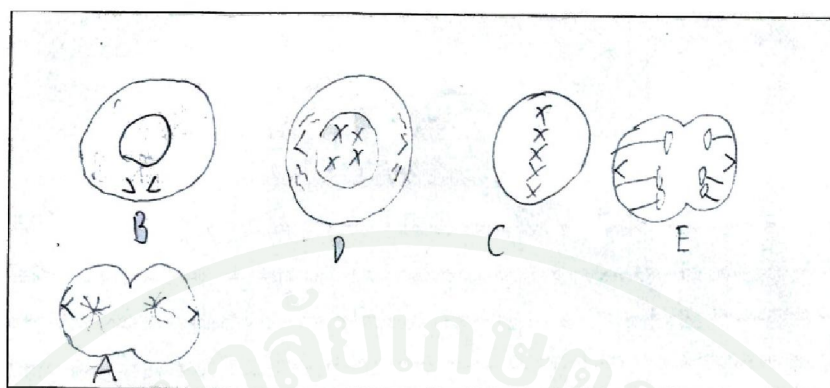
(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 3 หลังเรียน: ST031)



1. ระยะอินเทอร์เฟส เป็นระยะที่เพิ่มโครโมโซมขึ้นมาอีกชุดหนึ่ง
2. ระยะโพรเฟส เป็นระยะที่โครมาทิดหดตัวที่สุด
3. ระยะเมทาเฟส เป็นระยะที่โครโมโซมเรียงตัวตามแนวกึ่งกลางเซลล์
4. ระยะแอนาเฟส เป็นระยะที่โครมาทิดถูกดึงแยกออกจากกัน โครโมโซมเพิ่มสองเท่า
5. ระยะเทโลเฟส เป็นระยะที่เยื่อหุ้มนิวเคลียสและนิวคลีโอลัสเริ่มปรากฏ

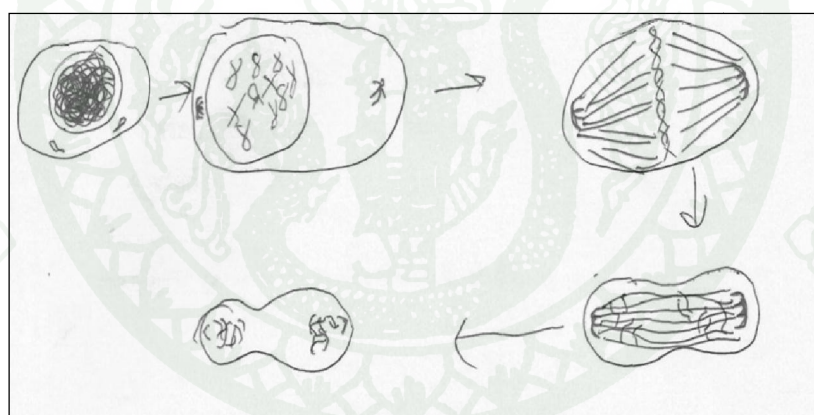
(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 3 หลังเรียน: ST022)

รองลงมาพบว่านักเรียนร้อยละ 42.86 (15 คน) ยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) โดยนักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าการแบ่งเซลล์ใดก็ตามจะทำให้เซลล์ลูกในลักษณะทวีคูณ โดยการแยกออกเป็นสองเซลล์หรือแบ่งจาก 1 เป็น 2 เรื่อยไป และไม่สามารถบอกขั้นตอนและอธิบายกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนด้านล่าง



การแยกเซลล์ใหม่แบ่งออกจากกันและรวมตัวกันใหม่อีกครั้ง แบ่งออกจากเซลล์แม่เป็นเซลล์ลูก

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 3 หลังเรียน: ST016)

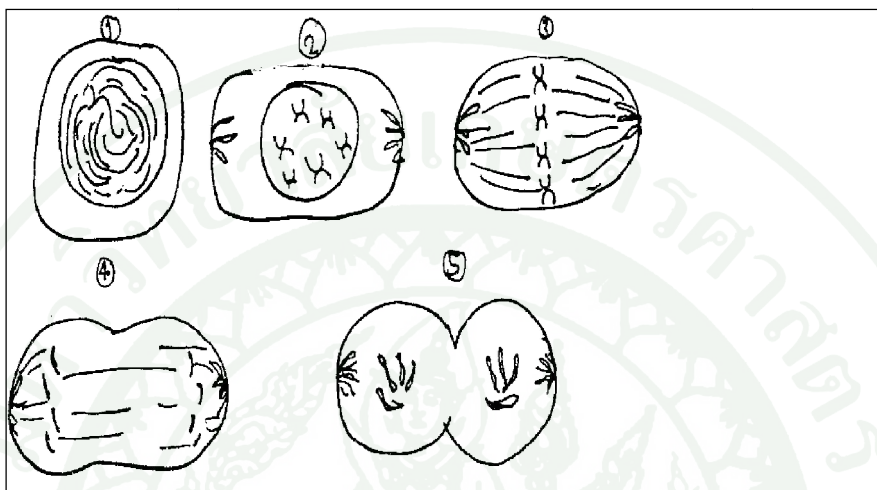


แบ่งออกเป็น 2 เซลล์และแบ่งออกไปเรื่อยๆ

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 3 หลังเรียน: ST024)

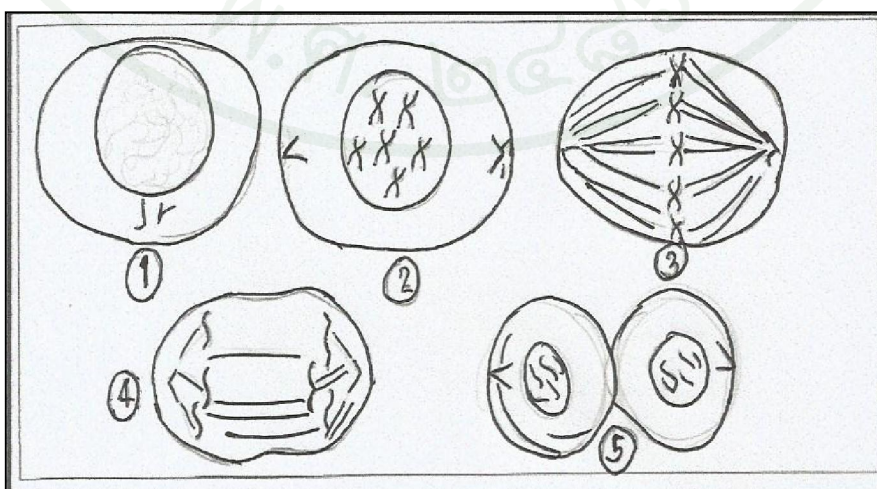
และพบว่านักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนที่ไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ แต่หลังเรียนพบว่ามึนักเรียนร้อยละ 5.71 (2 คน) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ โดยสามารถระบุขั้นตอนในกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสซึ่งประกอบด้วยระยะอินเตอร์เฟส โพรเฟส เมทาเฟส แอนาเฟสและเทโลเฟส รวมทั้งสามารถบอกจำนวนโครโมโซมของเซลล์แม่และเซลล์ลูกที่ได้จากการแบ่งเซลล์ได้ถูกต้อง ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนด้านล่างนอกจากนี้ไม่พบ

นักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) และไม่มีแนวคิด (NR) ในเรื่องนี้



1. ระยะอินเตอร์เฟส เป็นระยะที่มีการเพิ่มจำนวนโครโมโซมขึ้นมาอีกชุดหนึ่ง
2. ระยะโพรเฟส เป็นระยะที่โครมาทิดหดสั้น ทำให้มองเห็นเป็นแท่งชัดเจน
3. ระยะเมทาเฟส เป็นระยะที่โครโมโซมเรียงตัวตามแนวกึ่งกลางเซลล์
4. ระยะแอนาเฟส เป็นระยะที่โครมาทิดถูกดึงแยกออกจากกันไปยังขั้วของเซลล์
5. ระยะเทโลเฟส เป็นระยะโครโมทิดที่ได้จากการแบ่งจะไปรวมตัวกันที่ขั้วของเซลล์

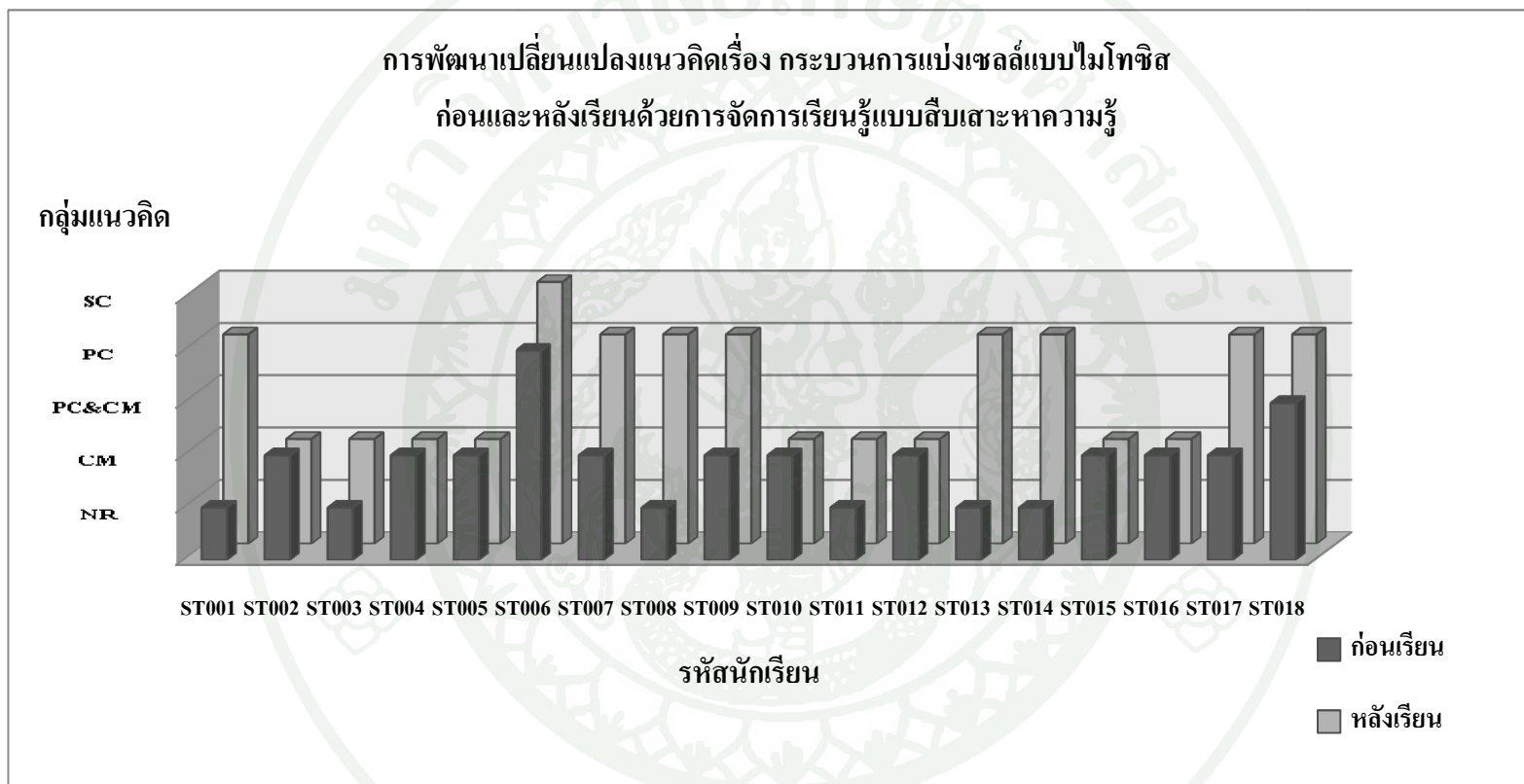
(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 3 หลังเรียน: ST029)



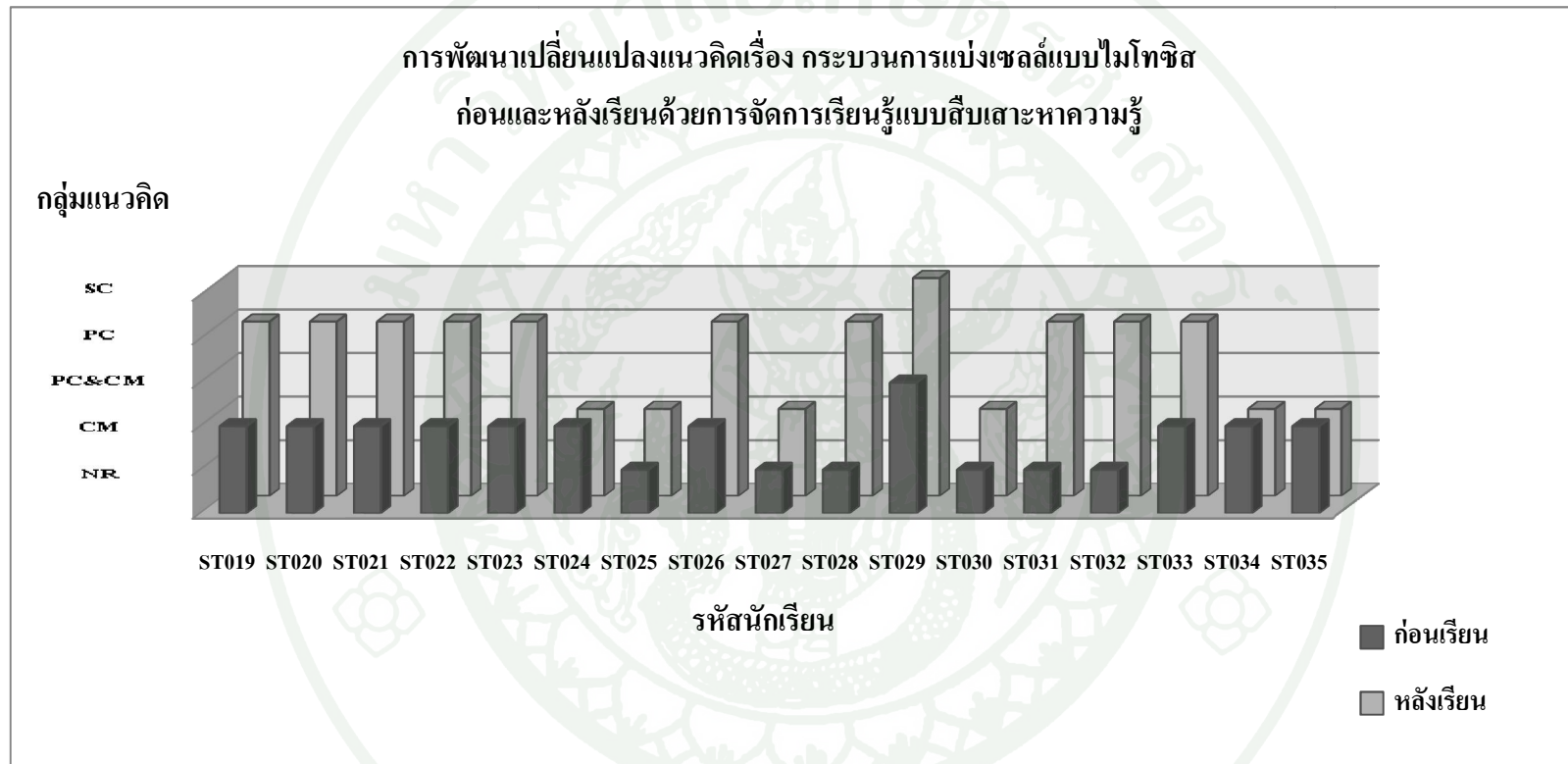
1. ระยะอินเตอร์เฟส เป็นระยะที่มีการเพิ่มจำนวนโครโมโซมขึ้นมาอีก 1 ชุด และเป็นช่วงที่มีการเปลี่ยนแปลงทางเคมีที่สุด
2. ระยะโพรเฟส เป็นระยะที่โครมาทิดหดสั้นทำให้มองเห็นเป็นแท่งชัดเจน
3. ระยะเมทาเฟส เป็นระยะที่โครโมโซมจะเรียงตัวตามแนวกึ่งกลางของเซลล์
4. ระยะแอนาเฟส โครมาทิดจะถูกดึงแยกออกจากกันไปบริเวณขั้วของเซลล์ ช่วงนี้ใช้เวลาสั้นที่สุด
5. ระยะเทโลเฟส เป็นระยะที่โครโมโซมจะไปรวมอยู่ตรงขั้วของเซลล์ ได้ 2 เซลล์ใหม่ มีชุดโครโมโซม $2n$ เหมือนเดิม

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 3 หลังเรียน: ST006)

ซึ่งจากการวิเคราะห์แนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่อง กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่านักเรียนมีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ดังภาพที่ 12 และ 13



ภาพที่ 12 กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่อง กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
ของนักเรียนรหัส ST001-ST018



ภาพที่ 13 กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่อง กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียนรหัส ST019-ST035

โดยก่อนการจัดการเรียนรู้มีนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) จำนวน 21 คน หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่านักเรียนได้พัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิด วิทยาศาสตร์ เรื่อง กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส เป็นอยู่ในกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) จำนวน 11 คน (ST007, ST009, ST017, ST018, ST019, ST020, ST021, ST022, ST023, ST026, ST033) นอกจากนี้พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้มีนักเรียนบางส่วนไม่มีแนวคิด (NR) จำนวน 12 คน หลังการจัดการเรียนรู้พบว่านักเรียนได้พัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิด เป็นอยู่ในกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) จำนวน 7 คน (ST001, ST008, ST013, ST014, ST028, ST031, ST032) แนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) จำนวน 5 คน (ST003, ST010, ST025, ST027, ST030)

4. การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

4.1 หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

ในการวัดแนวคิดเรื่อง กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสก่อนและหลังเรียนผู้วิจัย ให้นักเรียนตอบคำถามจากสถานการณ์เกี่ยวกับการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสโดยมีข้อความดังนี้

คำถามข้อที่ 7.สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งมีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 4 โครโมโซม ในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ จะได้เซลล์ลูกเท่าใด และเซลล์ลูกมีจำนวนโครโมโซมเป็นเท่าใด

- ก. 2 เซลล์ เซลล์ละ 2 โครโมโซม
- ข. 2 เซลล์ เซลล์ละ 4 โครโมโซม
- ค. 4 เซลล์ เซลล์ละ 2 โครโมโซม
- ง. 4 เซลล์ เซลล์ละ 4 โครโมโซม

ก่อนเรียน

ผลการวิจัยพบว่าก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 80.00, 28 คน) มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) เมื่อทำการจัดกลุ่มแนวคิดที่คลาดเคลื่อนสามารถจัดได้เป็น 3 กลุ่ม กลุ่มที่ 1 นักเรียนเข้าใจว่าการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจะได้จำนวนเซลล์ลูก 2 เซลล์ที่มีจำนวนโครโมโซมเป็นครึ่งหนึ่งของ

เซลล์แม่ ดังที่นักเรียนตอบว่า “ได้เซลล์ลูก 2 เซลล์ เซลล์ลูกแต่ละเซลล์จะมีจำนวนโครโมโซม 2 โครโมโซม เพราะการแบ่งเซลล์มาเริ่มแรกจะมี 4 โครโมโซม จึงน่าจะได้แบบนี้” (ST034)

กลุ่มที่ 2 นักเรียนเข้าใจว่าการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจะได้จำนวนเซลล์ลูก 2 เซลล์ที่มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับเซลล์แม่ ดังที่นักเรียนตอบว่า “ได้เซลล์ลูก 2 เซลล์ที่มีจำนวนโครโมโซมเท่าเดิมคือ 4 โครโมโซม เพราะจำนวนโครโมโซมที่จะถ่ายทอดให้ลูกนั้นจะไม่มีเปลี่ยนแปลงจะเป็นแบบเดิมทุกประการและโครโมโซม 2 โครโมโซมจะเท่ากับ 1 เซลล์ จึงได้ 2 เซลล์ 4 โครโมโซม” (ST028) และ “ได้เซลล์ลูก 2 เซลล์ที่มีจำนวนโครโมโซมเท่าเดิมคือ 4 โครโมโซม เพราะโครโมโซมจะไม่มีเปลี่ยนแปลงและจะแบ่งได้ 2 เซลล์” (ST030)

กลุ่มที่ 3 นักเรียนเข้าใจว่าการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจะได้จำนวนเซลล์ลูก 4 เซลล์ที่มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับเซลล์แม่ ดังที่นักเรียนตอบว่า “ได้เซลล์ลูก 4 เซลล์ เซลล์ละ 4 โครโมโซม เท่าเดิม” (ST015)

รองลงมาพบว่านักเรียนร้อยละ 17.15 (6คน) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) โดยเข้าใจถูกต้องว่าการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจะได้เซลล์ลูก 4 เซลล์ โดยเซลล์ลูกที่ได้นั้นจะมีจำนวนโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่งจากเซลล์แม่ แต่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าโครโมโซมที่ลดลงครึ่งหนึ่งนั้นเกิดเนื่องจากการได้รับการแบ่งครึ่งจากพ่อและแม่มาอย่างละครึ่ง ดังที่นักเรียนตอบว่า “ได้เซลล์ลูก 4 เซลล์ แต่ละเซลล์จะมีจำนวนโครโมโซม 2 โครโมโซม เพราะการที่พ่อแม่ถ่ายทอดโครโมโซมมาสู่ลูกจะทำให้มีการแบ่งครึ่งหนึ่ง ทำให้ลูกได้รับเซลล์พ่อแม่มาคนละครึ่ง” (ST023) และ “ได้เซลล์ลูก 4 เซลล์ แต่ละเซลล์จะมีจำนวนโครโมโซม 2 โครโมโซม เพราะโครโมโซมเริ่มต้นที่มี 4 โครโมโซม เมื่อมีการแบ่งจะแบ่งครึ่งตามจีโนไทป์” (ST032)

หลังเรียน

หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 34.29, 12 คน) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PC) โดยเข้าใจว่าการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจะได้เซลล์ลูก 4 เซลล์ โดยเซลล์ลูกที่ได้นั้นจะมีจำนวนโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่งจากเซลล์แม่ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนด้านล่าง

ได้เซลล์ลูก 4 เซลล์ แต่ละเซลล์จะมีจำนวนโครโมโซม 2 โครโมโซม เพราะเป็นการแบ่งแบบไมโอซิส ที่จะมีการลดจำนวนชุดของโครโมโซม $2n$ เป็น n

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 4 หลังเรียน: ST003)

ได้เซลล์ลูก 4 เซลล์ แต่ละเซลล์จะมีจำนวนโครโมโซม 2 โครโมโซม เพราะเป็นการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ซึ่งจะมีการแบ่ง 2 ครั้ง ทำให้เหลือแค่ 2 โครโมโซม

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 4 หลังเรียน: ST010)

ได้เซลล์ลูก 4 เซลล์ แต่ละเซลล์จะมีจำนวนโครโมโซม 2 โครโมโซม เพราะเป็นการเปลี่ยนแปลงโดยลดจำนวนโครโมโซมลงครึ่งหนึ่ง

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 4 หลังเรียน: ST019)

รองลงมาพบว่านักเรียนร้อยละ 31.43 (11 คน) มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) ในเรื่องหลักการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เมื่อทำการจัดกลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อนสามารถจัดได้ 2 กลุ่มคือ กลุ่มที่ 1 นักเรียนเข้าใจว่าการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจะได้เซลล์ลูก 2 เซลล์ที่มีจำนวนโครโมโซมเป็นครึ่งหนึ่งของเซลล์แม่ ดังที่นักเรียนตอบว่า “ได้เซลล์ลูก 2 เซลล์ แต่ละเซลล์จะมีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 2 โครโมโซม” (ST009)

กลุ่มที่ 2 นักเรียนเข้าใจว่าการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจะได้เซลล์ลูก 2 เซลล์ที่มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับเซลล์แม่ ดังที่นักเรียนตอบว่า “ได้เซลล์ลูก 2 เซลล์ แต่ละเซลล์จะมีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 2 โครโมโซม เพราะจับกันเป็น 2 เซลล์เซลล์ละ 2 คู่ เป็นการสืบพันธุ์แบบไมโอซิส” (ST035) และ “ได้เซลล์ลูก 2 เซลล์ แต่ละเซลล์จะมีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 2 โครโมโซม เพราะจากการแบ่งเซลล์นั้นแบ่งแบบไมโอซิสจะได้ 2 เซลล์ เซลล์ละ 4 โครโมโซม” (ST014)

และพบว่านักเรียนร้อยละ 20.00 (7 คน) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) โดยนักเรียนเข้าใจถูกต้องว่าการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจะได้เซลล์ลูก 4 เซลล์ โดยเซลล์ลูกที่มีจำนวนโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่งจากเซลล์แม่ แต่มีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าโครโมโซมที่ลดลงเหลือครึ่งหนึ่งนั้น เกิดจากได้รับการแบ่งครึ่งจากพ่อแม่มาอย่างละครึ่ง ดังที่

นักเรียนตอบว่า “ได้เซลล์ลูก 4 เซลล์ แต่ละเซลล์จะมีจำนวนโครโมโซม 2 โครโมโซม เพราะได้จากพ่อครึ่งหนึ่งและแม่ครึ่งหนึ่ง” (ST016)

นอกจากนี้พบว่ามึ้นักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนที่ไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ แต่หลังเรียนพบว่ามึ้นักเรียนร้อยละ 8.57 (3 คน) ที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์โดยเข้าใจถูกต้องว่าการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจะได้เซลล์ลูก 4 เซลล์ ที่มีจำนวนโครโมโซมลดลงครึ่งหนึ่งจากเซลล์แม่ ซึ่งการลดจำนวนชุดโครโมโซมนั้นเพื่อให้จำนวนชุดของโครโมโซมในสิ่งมีชีวิตคงที่ในรุ่นต่อไป ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนด้านล่าง และพบว่ามึ้นักเรียนที่ไม่มีแนวคิด (NR) ในเรื่องหลักการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ร้อยละ 5.71 (2 คน)

ได้เซลล์ลูก 4 เซลล์ แต่ละเซลล์จะมีจำนวนโครโมโซม 2 โครโมโซม เพราะมีการลดจำนวนชุดโครโมโซมจาก $2n$ ซึ่งเป็นกลไกหนึ่งที่ช่วยให้จำนวนชุดโครโมโซมคงที่เท่ากันในทุกหลานทุกรุ่น

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 4 หลังเรียน: ST013)

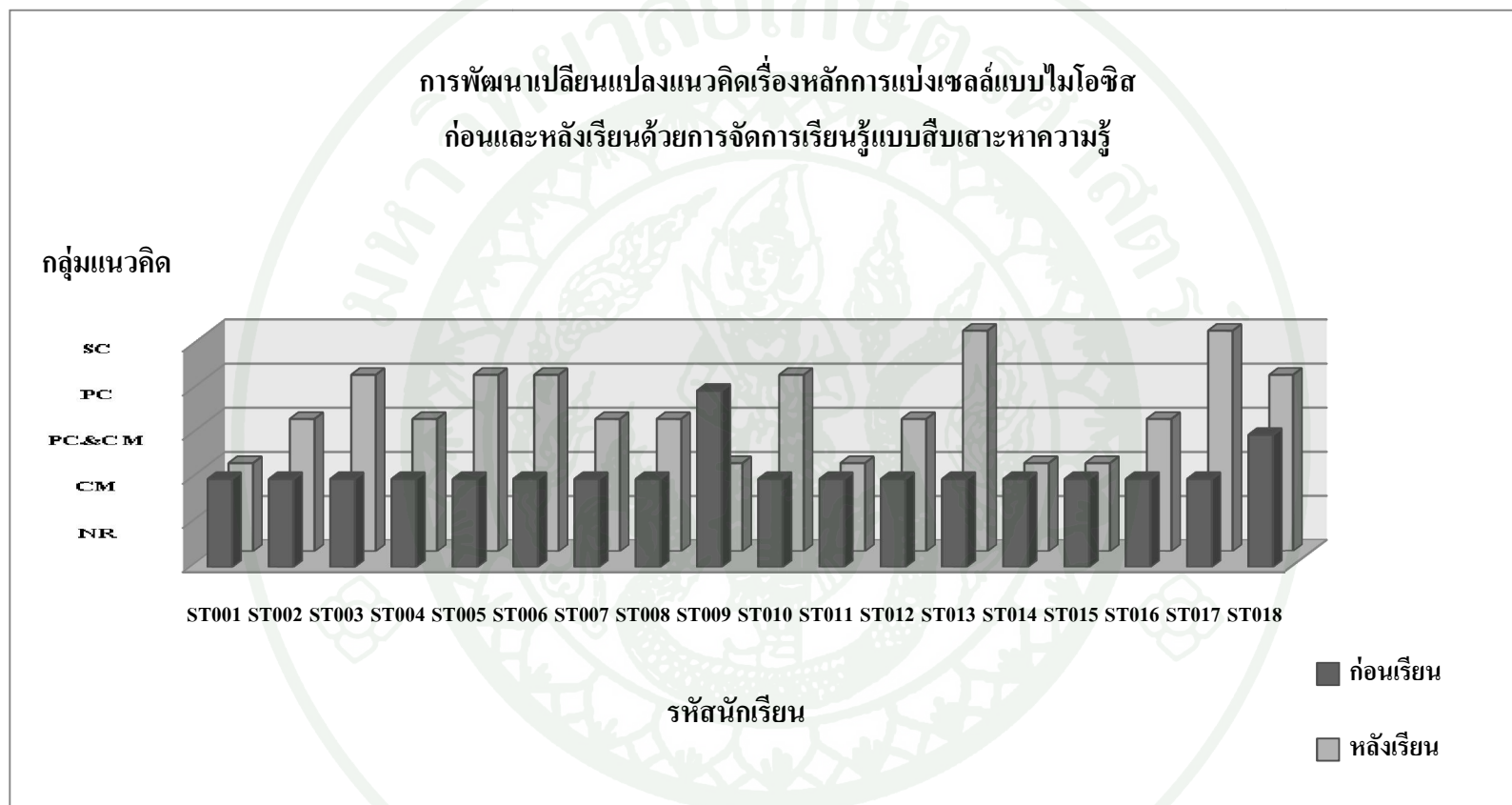
ได้เซลล์ลูก 4 เซลล์ แต่ละเซลล์จะมีจำนวนโครโมโซม 2 โครโมโซม เพราะการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจะมีการลดจำนวนโครโมโซม $2n$ เป็น n ซึ่งเป็นกลไกหนึ่งที่ช่วยให้จำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิตเท่ากันในทุกรุ่นต่อไป

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 4 หลังเรียน: ST017)

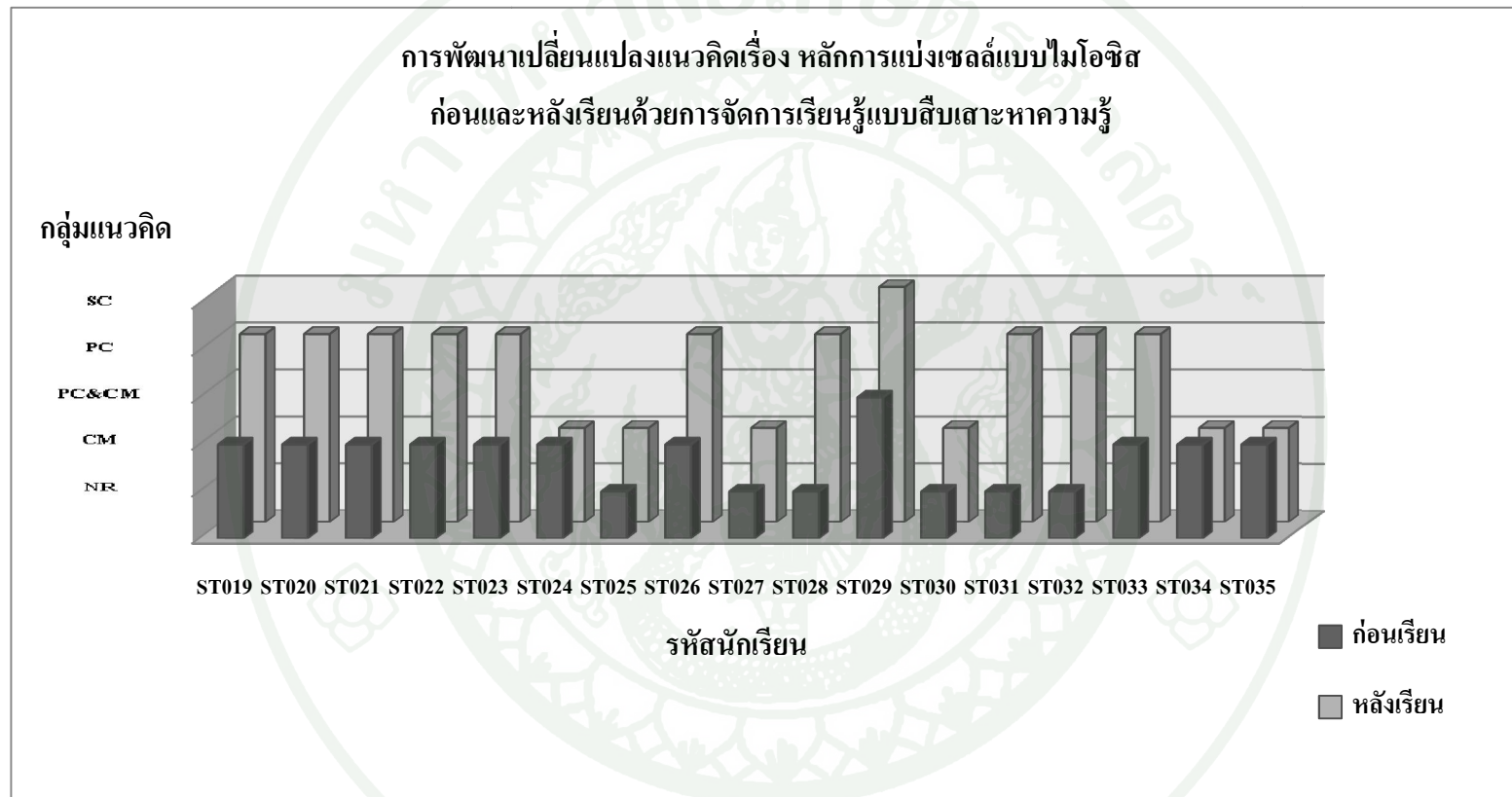
ได้เซลล์ลูก 4 เซลล์ แต่ละเซลล์จะมีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 2 เพราะการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจะมีการลดจำนวนโครโมโซมลงครึ่งหนึ่ง ซึ่งเป็นกลไกหนึ่งที่ช่วยให้จำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิตเท่ากันในทุกรุ่นต่อไป

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 4 หลังเรียน: ST029)

ซึ่งจากการวิเคราะห์แนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่อง หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่านักเรียนมีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ดังภาพที่ 14 และ 15



ภาพที่ 14 กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่อง หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
ของนักเรียนรหัส ST001-ST018



ภาพที่ 15 กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่อง หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
ของนักเรียนรหัส ST019-ST035

โดยก่อนการจัดการเรียนรู้มีนักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) จำนวน 28 คน หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่านักเรียนได้พัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เป็นอยู่ในกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) จำนวน 3 คน (ST013, ST017, ST029) แนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PC) จำนวน 8 คน (ST003, ST005, ST006, ST010, ST024, ST028, ST030, ST033) แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) จำนวน 6 คน (ST002, ST004, ST007, ST008, ST012, ST016) นอกจากนี้พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้มีนักเรียนบางส่วนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) จำนวน 6 คน หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่านักเรียนได้พัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดอยู่ในกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) จำนวน 4 คน (ST018, ST019, ST022, ST023)

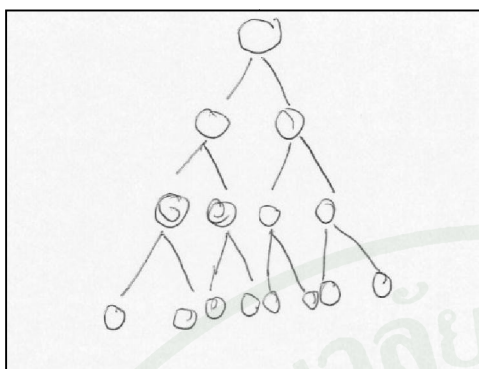
4.2 กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

ในการวัดแนวคิดเรื่อง กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสก่อนและหลังเรียนผู้วิจัยให้นักเรียนวาดภาพกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสและอธิบายประกอบโดยมีข้อคำถามดังนี้

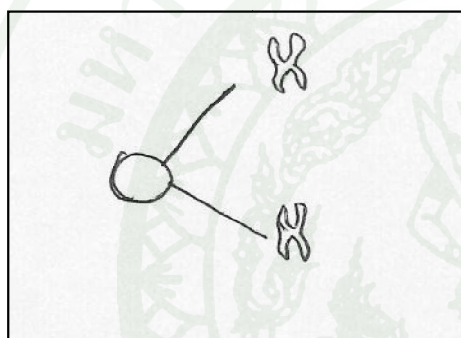
คำถามข้อที่ 8. จงอธิบายกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (Meiosis) โดยวาดภาพพร้อมทั้งอธิบายการแบ่งเซลล์ในแต่ละระยะ

ก่อนเรียน

ผลการวิจัยพบว่าก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 74.29, 26 คน) ไม่มีแนวคิด (NR) ในเรื่องกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสรองลงมาพบว่านักเรียนร้อยละ 25.71(9 คน) มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) โดยนักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่ากระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจะมีการแบ่งในลักษณะทวิคูณ โดยแบ่งจากหนึ่งเซลล์เป็นสองเซลล์ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนด้านล่าง



1 เซลล์แบ่งได้เท่ากับ 2 โครโมโซม
เป็นการแบ่งไปเรื่อยๆ
(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 4 ก่อนเรียน: ST002)



การแบ่งเซลล์จากเซลล์ต้นกำเนิดจะ
แบ่งออกจาก 1 เป็น 2 เป็น 4,8,16
(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 4 ก่อนเรียน: ST010)

หลังเรียน

หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 74.29, 26 คน) ยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) ในเรื่องกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเมื่อทำการจัดกลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อนสามารถจัดได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่ากระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจะมีการแบ่งในลักษณะทวิคูณ โดยแบ่งจากหนึ่งเซลล์เป็นสองเซลล์ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนด้านล่าง

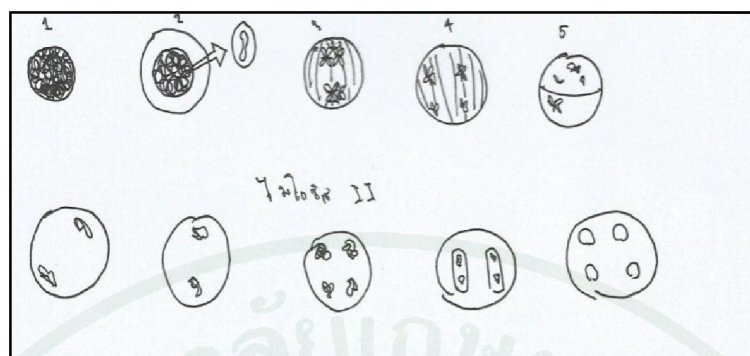


(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 4 หลังเรียน: ST003)



(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 4 หลังเรียน: ST012)

กลุ่มที่ 2 นักเรียนสามารถวาดภาพกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสได้ แต่ไม่สามารถบอกชื่อระยะและอธิบายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละระยะได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนด้านล่าง



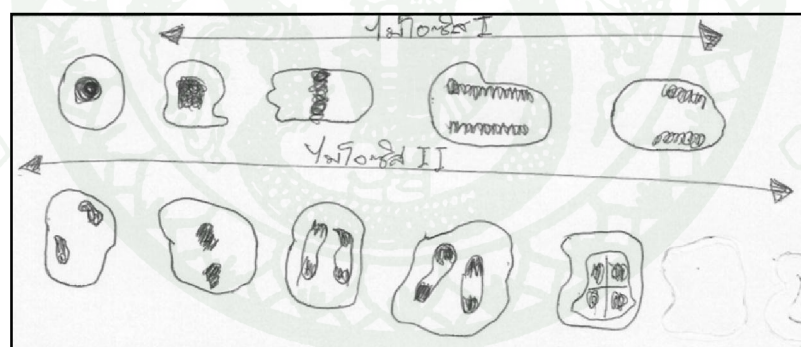
Prophase I ผสมยีนกันของโครโมโซม

Metaphase I เป็นการเปลี่ยนแปลงของนิวเคลียสและไซโทพลาสซึม

Anaphase I เป็นการแยกโครโมโซมออกจากกัน คล้ายกับการแบ่งของไมโทซิส

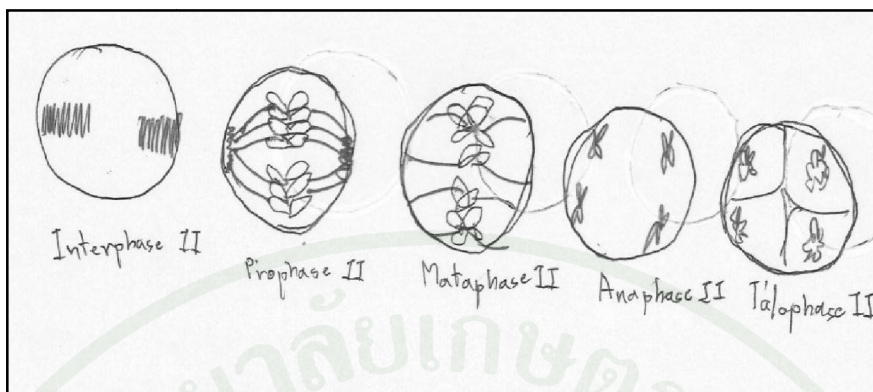
Telophase I มีการสร้างเยื่อหุ้มนิวเคลียสขึ้นมาล้อมรอบ ได้นิวเคลียสใหม่สองนิวเคลียส

(แบบวัดแนวคตินับที่ 4 หลังเรียน: ST007)



การแบ่งเซลล์ นิวเคลียสมีการเปลี่ยนแปลงโดยลดจำนวนโครโมโซมลงครึ่งหนึ่ง เป็นการแบ่งเซลล์เพื่อสร้างเซลล์สืบพันธุ์ ในสัตว์หรือพืช

(แบบวัดแนวคตินับที่ 4 หลังเรียน: ST018)



Interphase เป็นระยะที่ไม่มีการเปลี่ยนแปลง

Prophase โครมาทิดจะหดสั้น

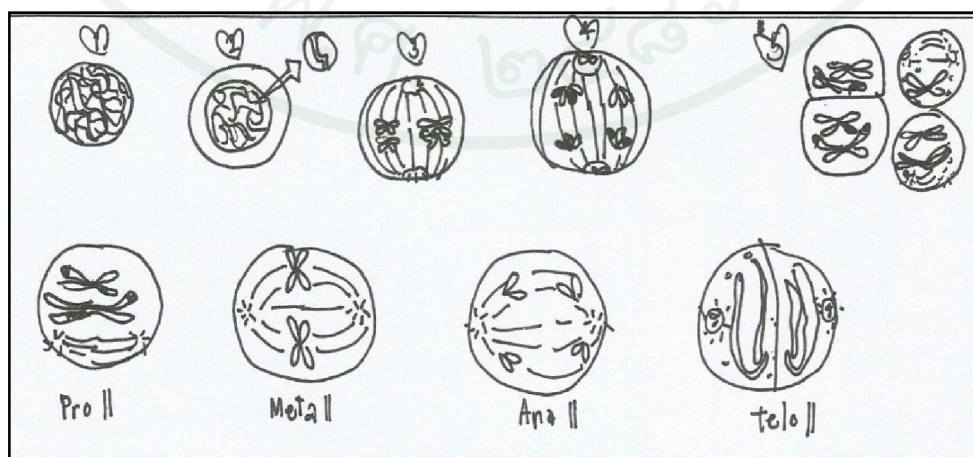
Metaphase โครมาทิดจะเรียงตัวอยู่ตรงกลาง

Anaphase โครมาทิดถูกดึงแยกออกจากกัน

Telophase มีการแบ่งออกเป็นเซลล์ใหม่ 4 เซลล์

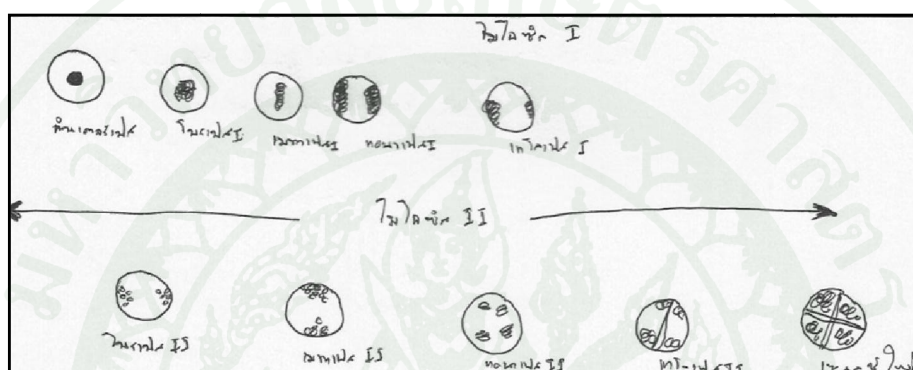
(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 4 หลังเรียน: ST032)

รองลงมาพบว่านักเรียนร้อยละ 14.26 (5 คน) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) โดยเข้าใจถูกต้องว่ากระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส แบ่งออกเป็นไมโอซิส I ซึ่งประกอบด้วยระยะอินเตอร์เฟส โพรเฟส I เมทาเฟส I แอนาเฟส I และเทโลเฟส I ส่วนไมโอซิส II ประกอบด้วยระยะโพรเฟส II เมทาเฟส II แอนาเฟส II และเทโลเฟส II แต่นักเรียนไม่สามารถอธิบายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละระยะของการแบ่งเซลล์ได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนด้านล่าง



Interphase I	มีการรวมกันเป็นวงกลมฝอยๆ
Prophase I	มีการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนของยีน เรียกครอสซิงโอเวอร์
Metaphase I	โครโมโซมมาเรียงตัวกันอยู่กึ่งกลางเซลล์
Anaphase I	โครโมโซมถูกดึงแยกออกจากกันไปทีละขั้วเซลล์

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 4 หลังเรียน: ST005)



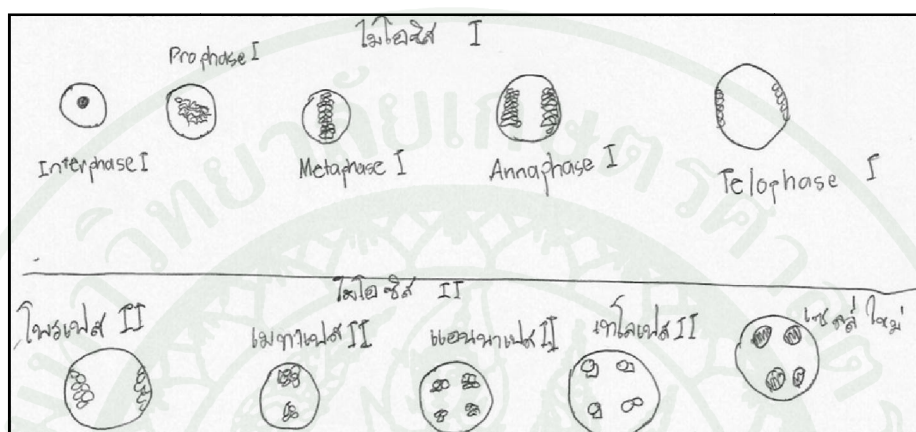
การแบ่งเซลล์แบ่งออกเป็น 5 ระยะ

1. Interphase I มีการจำลองโครโมโซมเพิ่มขึ้นอีกหนึ่งชุด
2. Prophase I เป็นระยะที่นานที่สุดและมีความสำคัญต่อความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต
3. Metaphase I โครโมโซมจะมาเรียงตัวกันอยู่กึ่งกลางของเซลล์
4. Anaphase I เส้นใยสปินเดิลจะดึงโฮโมโลกัสโครโมโซมให้แยกออกจากกัน
จำนวนชุดโครโมโซมในระยะนี้เป็น $2n$ เหมือนเดิม
5. Telophase I โครโมโซมจะไปอยู่รวมกันแต่ละขั้วของเซลล์ และมีการสร้างเยื่อหุ้มนิวเคลียสขึ้นใหม่

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 4 หลังเรียน: ST021)

และพบว่าจำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนที่ไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ แต่หลังเรียนพบว่ามึนักเรียนร้อยละ 5.71 (2 คน) ที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์โดยเข้าใจถูกต้องว่ากระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส แบ่งออกเป็นไมโอซิส I ซึ่งประกอบด้วยระยะอินเตอร์เฟส โพรเฟส I เมทาเฟส I แอนาเฟส I และเทโลเฟส I ส่วนไมโอซิส II ประกอบด้วยระยะโพรเฟส II เมทาเฟส II แอนาเฟส II และเทโลเฟส II และสามารถอธิบาย

เหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละระยะของการแบ่งเซลล์ได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนด้านล่าง นอกจากนี้พบว่ายังมีนักเรียนที่ไม่มีแนวคิด(NR) ในเรื่องกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส จำนวน 2 คน (ร้อยละ 5.71)



การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส แบ่งออกเป็น 2 ระยะ ได้แก่

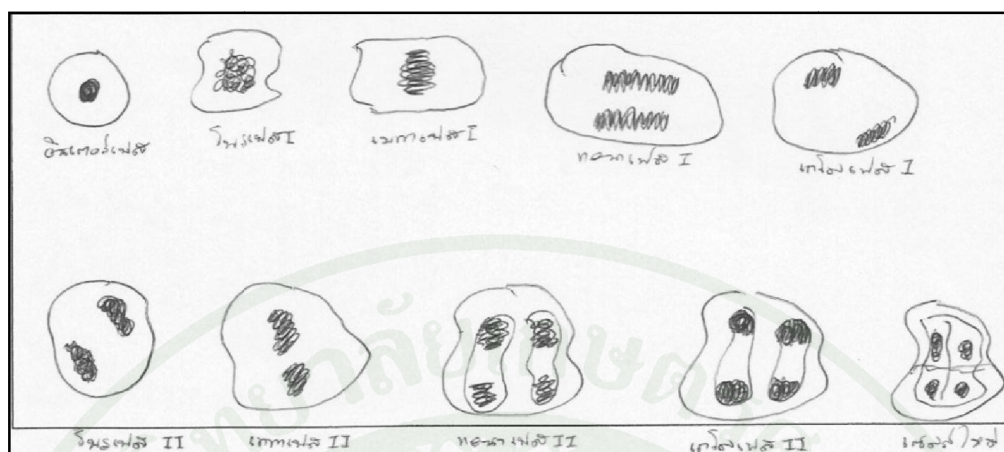
1. ไมโอซิส I แบ่งได้ 5 ระยะย่อย

- Interphase I เห็นนิวคลีโอลัสได้ชัดเจนที่สุด
- Prophase I เกิดการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนของโครโมโซมของโฮโมโลกัส โครโมโซม เรียกว่า ครอสซิงโอเวอร์
- Metaphase I โครโมโซมเรียงตัวอยู่บริเวณกึ่งกลางเซลล์และหดตัวสั้นมากที่สุด
- Anaphase I โครโมโซมถูกดึงแยกไปยังขั้วเซลล์
- Telophase I โฮโมโลกัสโครโมโซมแยกออกจากกัน แต่ชุดโครโมโซมเท่ากับ $2n$

2. ไมโอซิส II

- Prophase II โครโมโซมจะหดสั้นมากขึ้น
- Metaphase II โครโมโซมจะมาเรียงตัวกันบริเวณกึ่งกลางเซลล์
- Anaphase II มีการแยกโครมาทิดออกจากกัน
- Telophase II มีการแบ่งไซโทพลาสซึม ได้เซลล์ใหม่ 4 เซลล์ มีชุดโครโมโซมเท่ากับ n

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 4 หลังเรียน: ST017)



การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส แบ่งออกเป็น 2 ระยะ ได้แก่

1. ไมโอซิส I แบ่งได้ 5 ระยะย่อย

- Interphase I มีการจำลองชุดโครโมโซมเพิ่มขึ้นอีกหนึ่งชุด
- Prophase I เกิดการแลกเปลี่ยนชิ้นส่วนของโครโมโซมของโฮโมโลกัสโครโมโซม เป็นระยะที่ใช้เวลานานที่สุด
- Metaphase I โกวาเลนซ์จะเรียงตัวอยู่บริเวณกึ่งกลางเซลล์และหดตัวสั้นมากที่สุด
- Anaphase I เส้นใยสปินเดิลจะหดตัวดึงให้โฮโมโลกัสโครโมโซมแยกออกจากกัน ชุดโครโมโซมระยะนี้ยังคงเป็น $2n$ เหมือนเดิม
- Telophase I โฮโมโลกัสโครโมโซมแยกออกจากกัน แต่ชุดโครโมโซมเท่ากับ $2n$

2. ไมโอซิส II

- Prophase II โครโมโซมจะหดสั้นมากขึ้น
- Metaphase II โครโมโซมจะมาเรียงตัวกันบริเวณกึ่งกลางเซลล์
- Anaphase II มีการแยกโครมาทิดออกจากกัน
- Telophase II มีการแบ่งไซโทพลาสซึม ได้เซลล์ใหม่ 4 เซลล์ มีชุดโครโมโซมเท่ากับ n

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 4 หลังเรียน: ST019)

ซึ่งจากการวิเคราะห์แนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่อง กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ก่อน และหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่านักเรียนมีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิด วิทยาศาสตร์ เรื่อง กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ดังภาพที่ 16 และ 17



ภาพที่ 16 กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่อง กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียนรหัส ST001-ST018



ภาพที่ 17 กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่อง กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของนักเรียนรหัส ST019-ST035

โดยก่อนการจัดการเรียนรู้มีนักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีแนวคิด (NR) จำนวน 26 คน หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่านักเรียนได้พัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เป็นอยู่ในกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) จำนวน 1 คน (ST019) แนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PC) จำนวน 4 คน (ST005, ST021, ST022, ST024) นอกจากนี้พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้มีนักเรียนบางส่วนมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) จำนวน 9 คน หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่านักเรียนได้พัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเป็นอยู่ในกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) จำนวน 1 คน (ST017) แนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PC) จำนวน 1 คน (ST013) และแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM)

5. ดีเอ็นเอ

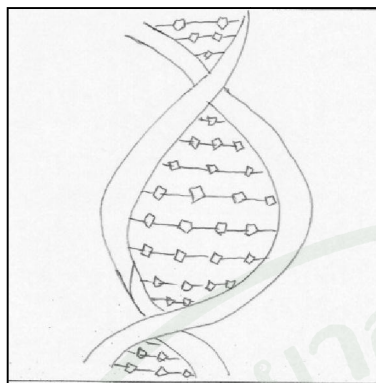
5.1 โครงสร้างของดีเอ็นเอ

ในการวัดแนวคิดเรื่อง โครงสร้างของดีเอ็นเอทั้งก่อนและหลังเรียนผู้วิจัยให้นักเรียนวาดภาพโครงสร้างของดีเอ็นเอและอธิบายลักษณะของดีเอ็นเอ โดยมีข้อคำถามดังนี้

คำถามข้อที่ 9. จงวาดภาพพร้อมทั้งเขียนอธิบายโครงสร้างของ DNA

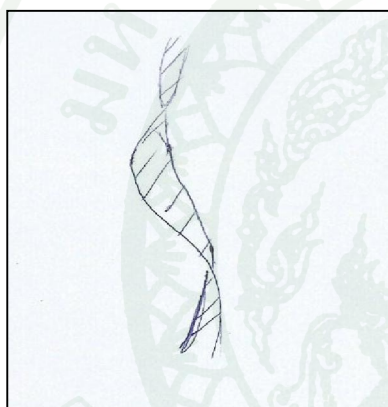
ก่อนเรียน

จากผลการวิจัยพบว่าก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 62.86, 22 คน) ไม่มีแนวคิด (NR) ในเรื่องนี้ รองลงมาคือนักเรียนร้อยละ 20.00 (7 คน) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PC) โดยเข้าใจถูกต้องว่าดีเอ็นเอประกอบด้วยสายพอลินิวคลีโอไทด์สองสายเข้าคู่กันมีรูปร่างเป็นเกลียวเวียนขวาแต่นักเรียนไม่สามารถบอกองค์ประกอบอื่นของดีเอ็นเอได้ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนด้านล่าง



DNA ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์นับล้านหน่วย
และในนิวคลีโอไทด์จะมีข้อมูลทางพันธุกรรม
นิวคลีโอไทด์เรียงต่อกันเป็นสายยาวพันกันเป็น
เกลียวคู่วนขวา

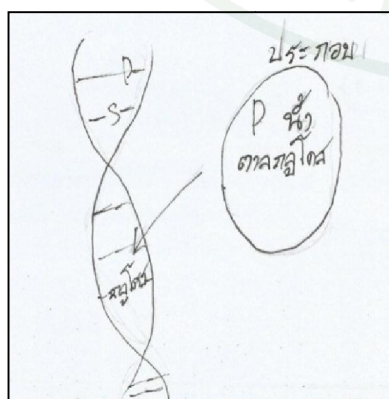
(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 5 ก่อนเรียน: ST019)



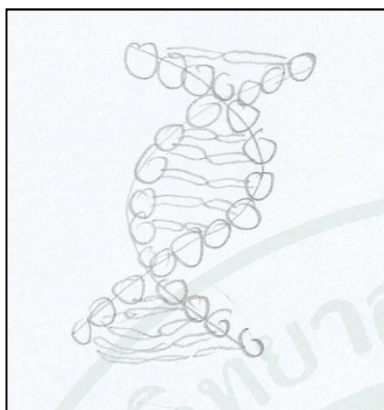
มีลักษณะเป็นเส้นยาว คล้ายบันไดเวียนขวา

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 5 ก่อนเรียน: ST017)

และพบว่านักเรียนร้อยละ 14.26 (5 คน) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อน
บางส่วน (PC&CM) โดยเข้าใจถูกต้องว่าดีเอ็นเอมีลักษณะเป็นเกลียว แต่เข้าใจคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับ
ลักษณะอื่นของดีเอ็นเอดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนด้านล่าง

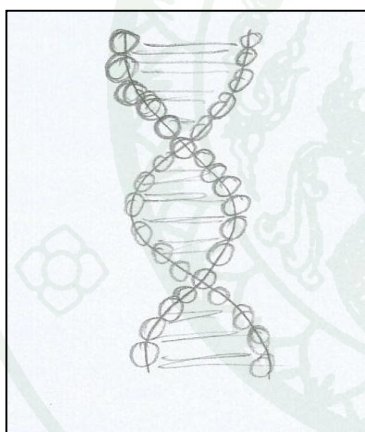


DNA จะพันเป็นเกลียว มีธาตุ P ช่วยในการคง
รูป กรดเป็นเบส ช่วยในการรักษาไม่ให้เกิด
ความผิดปกติ และ DNA ต้องการน้ำตาลกลูโคส
(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 5 ก่อนเรียน: ST012)



มีลักษณะหมุนเป็นเกลียวๆ จากซ้ายไปขวา
(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 5 ก่อนเรียน: ST004)

นอกจากนี้พบว่านักเรียนร้อยละ 2.86(1คน) มีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) ในเรื่องโครงสร้างของดีเอ็นเอ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนด้านล่าง

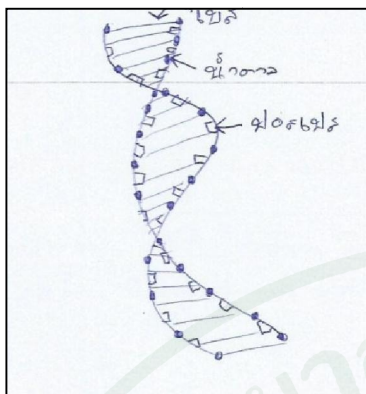


โครงสร้างดีเอ็นเอจะประกอบไปด้วยยีนและโครโมโซม ซึ่งจะอยู่ในร่างกายของสิ่งมีชีวิตทุกชนิด

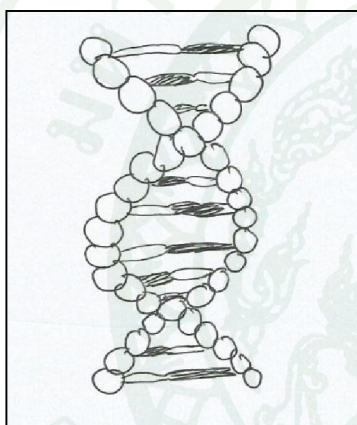
(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 5 ก่อนเรียน: ST003)

หลังเรียน

หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 48.57, 17 คน) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PC) ในเรื่อง โครงสร้างดีเอ็นเอโดยเข้าใจถูกต้องว่าดีเอ็นเอประกอบด้วยสายพอลินิวคลีโอไทด์สองสายเข้าคู่กันมีรูปร่างเป็นเกลียวเวียนขวา แต่ไม่สามารถบอกองค์ประกอบอื่นของดีเอ็นเอได้ ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนด้านล่าง

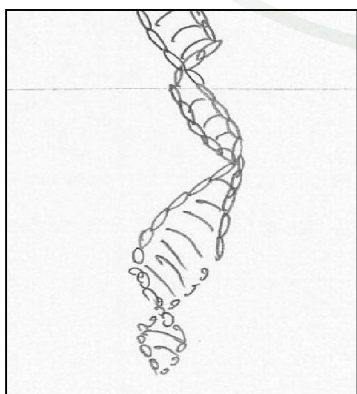


โครงสร้างของดีเอ็นเอจะประกอบไปด้วย
น้ำตาล เบสและหมู่ฟอสเฟต
(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 5 หลังเรียน: ST003)

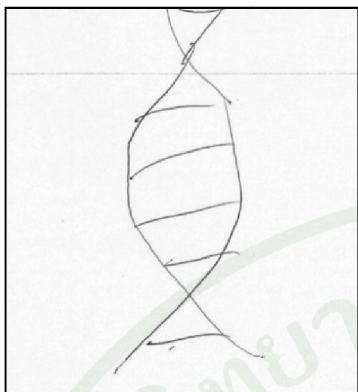


DNA ประกอบไปด้วยนิวคลีโอไทด์หลายๆ
นิวคลีโอไทด์มาเรียงต่อกัน
(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 5 หลังเรียน: ST012)

รองลงมาพบว่านักเรียนร้อยละ 42.86 (15 คน) ยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) เมื่อทำการจัดกลุ่มแนวคิดคลาดเคลื่อนสามารถจัดได้ 2 กลุ่ม คือ กลุ่มที่ 1 นักเรียนเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าดีเอ็นเอเกิดจากโครโมโซมที่มีมารวมกัน ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนด้านล่าง



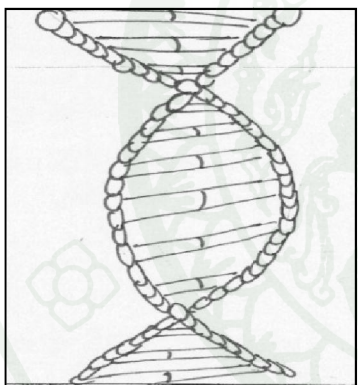
ดีเอ็นเอเกิดจากโครโมโซมมารวมตัวกัน มี
ส่วนประกอบ 3 อย่างได้แก่ หมู่ฟอสเฟต
น้ำตาล เบส
(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 5 หลังเรียน: ST024)



ดีเอ็นเอเกิดจากโครโมโซมมารวมกัน

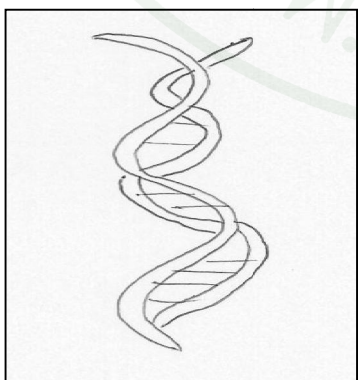
(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 5 หลังเรียน: ST002)

กลุ่มที่ 2 นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าดีเอ็นเอมีโครงสร้างเหมือนขั้นบันได ดังตัวอย่างคำตอบของนักเรียนด้านล่าง



ดีเอ็นเอมีโครงสร้างเหมือนขั้นบันได

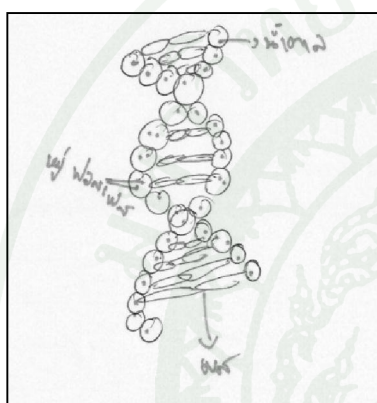
(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 5 หลังเรียน : ST029)



มีโครงสร้างเหมือนขั้นบันได และมีน้ำตาลเป็นองค์ประกอบ

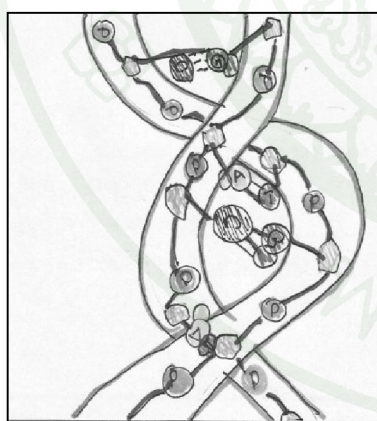
(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 5 หลังเรียน: ST031)

และพบว่ามีย่านักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เพิ่มขึ้นจากก่อนเรียนที่ไม่มีนักเรียนคนใดมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ แต่หลังเรียนพบว่ามีย่านักเรียนร้อยละ 8.57 (3 คน) ที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์โดยเข้าใจถูกต้องว่าดีเอ็นเอมีลักษณะเป็นเกลียวคู่ เวียนขวาตามเข็มนาฬิกา เกิดจากสายโพลีนิวคลีโอไทด์ 2 สายจับกันด้วยพันธะไฮโดรเจนของนักเรียนด้านล่าง นอกจากนี้ไม่พบนักเรียนที่ไม่มีแนวคิด (NR) ในเรื่องนี้



DNA ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์เรียงต่อกันเป็นสายยาว 2 สายมาจับกัน พันกันเป็นเกลียวคู่วนขวา

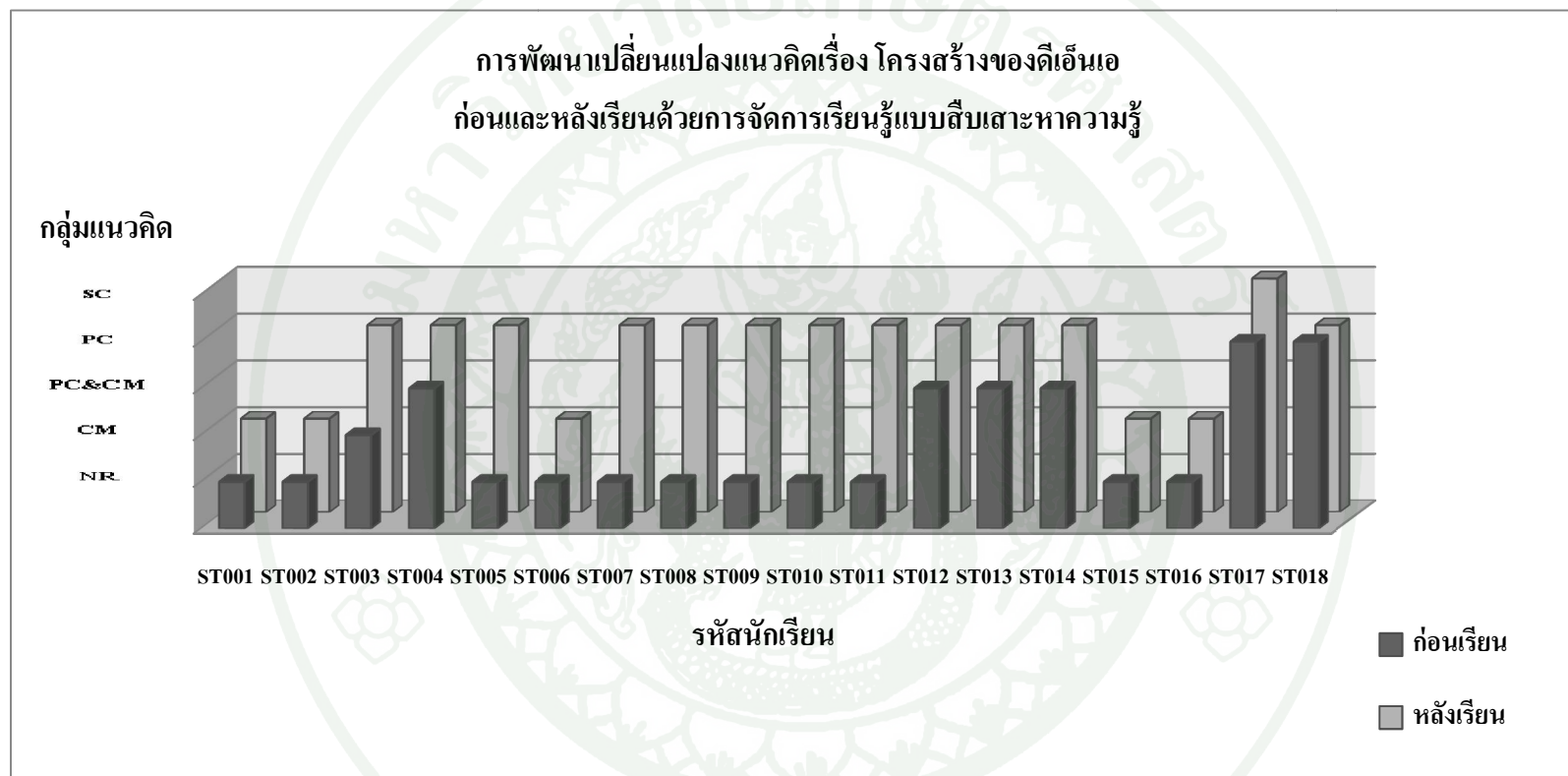
(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 5 หลังเรียน: ST017)



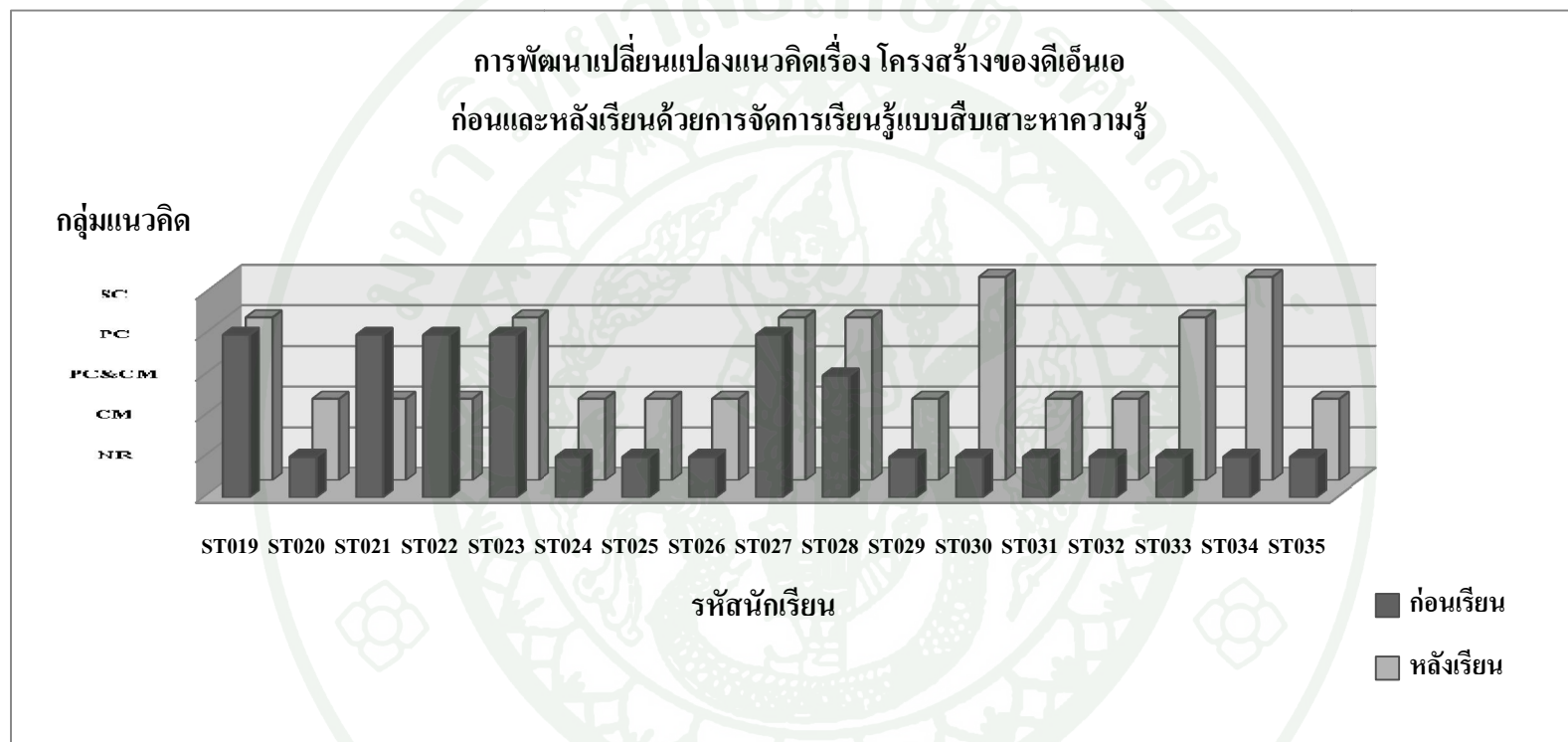
DNA ประกอบด้วยนิวคลีโอไทด์เรียงต่อกันเป็นสายยาว 2 สายมาจับกัน พันกันเป็นเกลียวคู่วนขวา แต่ละนิวคลีโอไทด์จะประกอบไปด้วยน้ำตาล ไนโตรจีนัสเบสและหมู่ฟอสเฟต

(แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 5 หลังเรียน: ST030)

ซึ่งจากการวิเคราะห์แนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่อง โครงสร้างของดีเอ็นเอ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่านักเรียนมีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่อง โครงสร้างของดีเอ็นเอ ดังภาพที่ 18 และ 19



ภาพที่ 18 กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่อง โครงสร้างของดีเอ็นเอ ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
ของนักเรียนรหัส ST001-ST018



ภาพที่ 19 กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่อง โครงสร้างของดีเอ็นเอ ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
ของนักเรียนรหัส ST019-ST035

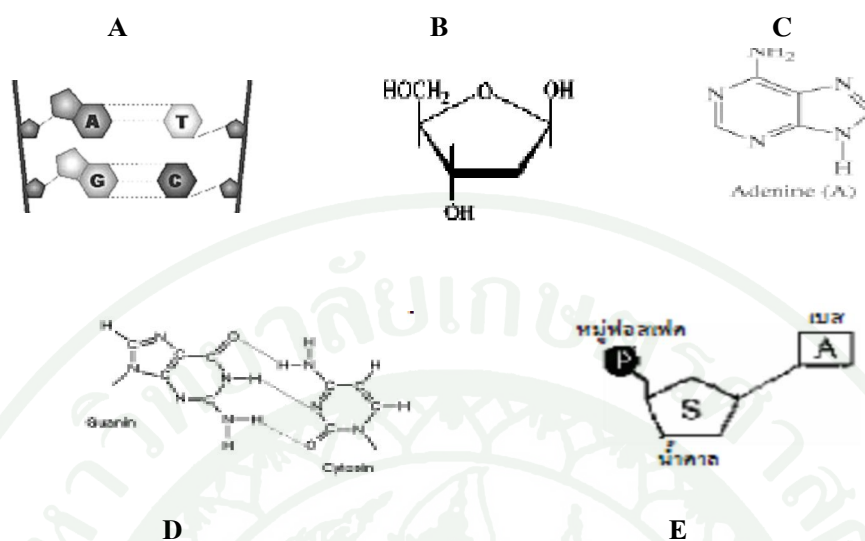
โดยก่อนการจัดการเรียนรู้มีนักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีแนวคิด (NR) จำนวน 22 คน หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่านักเรียนได้พัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เป็นอยู่ในกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) จำนวน 2 คน (ST030, ST034) แนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PC) จำนวน 7 คน (ST005, ST007, ST008, ST009, ST010, ST011, ST033) แนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) จำนวน 13 คน (ST001, ST002, ST006, ST015, ST016, ST024, ST025, ST026, ST029, ST030, ST032, ST035)

รองลงมาพบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้มีนักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) จำนวน 7 คน หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่านักเรียนได้พัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเป็นอยู่ในกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) จำนวน 1 คน (ST017) นอกจากนี้พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้มีนักเรียนบางส่วนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) จำนวน 5 คน หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่านักเรียนได้พัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเป็นอยู่ในกลุ่ม แนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PC) จำนวน 5 คน (ST004, ST012, ST013, ST014, ST028) และแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM)

5.2 องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ

ในการวัดแนวคิดเรื่อง องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอทั้งก่อนและหลังเรียนผู้วิจัย ให้นักเรียนตอบคำถามโดยเลือกคำตอบจากตัวเลือกที่กำหนดให้ พร้อมทั้งอธิบายเหตุผลประกอบ โดยมีข้อคำถามดังนี้

คำถามข้อที่ 10. จากภาพต่อไปนี้ ภาพใดบ้างที่แสดงองค์ประกอบทางเคมีของ DNA ที่สมบูรณ์พร้อมทั้งระบุว่าแต่ละภาพแสดงองค์ประกอบทางเคมีอะไรบ้าง



ก่อนเรียน

ผลการวิจัยพบว่าก่อนเรียนนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 62.86, 22 คน) ไม่มีแนวคิด (NR) ในเรื่องนี้ รองลงมาพบว่านักเรียนร้อยละ 17.15 (6 คน) มีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน (CM) โดยนักเรียนบอกองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอที่ไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ ดังที่นักเรียนตอบว่า “ภาพ A เพราะมีโครงสร้างที่สมบูรณ์ มี A T G C” (ST016) และ “ภาพ D เพราะมีองค์ประกอบของ H,C,O,N อยู่” (ST017) และพบว่านักเรียนร้อยละ 11.43 (4 คน) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PC) โดยเข้าใจถูกต้องว่าองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอจะประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ น้ำตาลดีออกซีไรโบส ไนโตรจีนัสเบสและหมู่ฟอสเฟต แต่นักเรียนไม่ได้ระบุองค์ประกอบครบทั้ง 3 ส่วน ดังที่นักเรียนตอบว่า “ข้อ E เพราะประกอบด้วยหมู่ฟอสเฟต” (ST010) “ข้อ E เพราะมีน้ำตาลเป็นโครงสร้าง” (ST020) และ “ข้อ E เพราะฟอสเฟตคือองค์ประกอบของดีเอ็นเอ” (ST011)

นอกจากนี้ยังพบว่ามึนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) ร้อยละ 5.71 (2 คน) โดยเข้าใจว่าองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอั้นประกอบด้วยน้ำตาลดีออกซีไรโบส ไนโตรจีนัสเบส และหมู่ฟอสเฟต ดังที่นักเรียนตอบว่า “ข้อ E เพราะ DNA มีองค์ประกอบทางเคมี ได้แก่ หมู่ฟอสเฟต ไนโตรจีนัสเบส และน้ำตาลดีออกซีไรโบส” (ST023) และ “ข้อ E เพราะ DNA มีหมู่ฟอสเฟต ไนโตรจีนัสเบส และน้ำตาลดีออกซีไรโบสเป็นองค์ประกอบ” (ST013)

หลังเรียน

หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้พบว่านักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 28.57,10 คน) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) โดยเข้าใจว่าองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอประกอบด้วยน้ำตาลดีออกซีไรโบส ไนโตรจีนัสเบส และหมู่ฟอสเฟต ดังที่นักเรียนตอบว่า “ข้อ E เพราะมีน้ำตาลดีออกซีไรโบส ไนโตรจีนัสเบสและหมู่ฟอสเฟตซึ่งเป็นองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ” (ST010) “ข้อ E เพราะ DNA มีหมู่ฟอสเฟต เบส และน้ำตาลดีออกซีไรโบสเป็นองค์ประกอบ” (ST018) และ “ข้อ E เพราะ DNA มีหมู่ฟอสเฟต ไนโตรจีนัสเบส และน้ำตาลดีออกซีไรโบสเป็นองค์ประกอบ” (ST034)

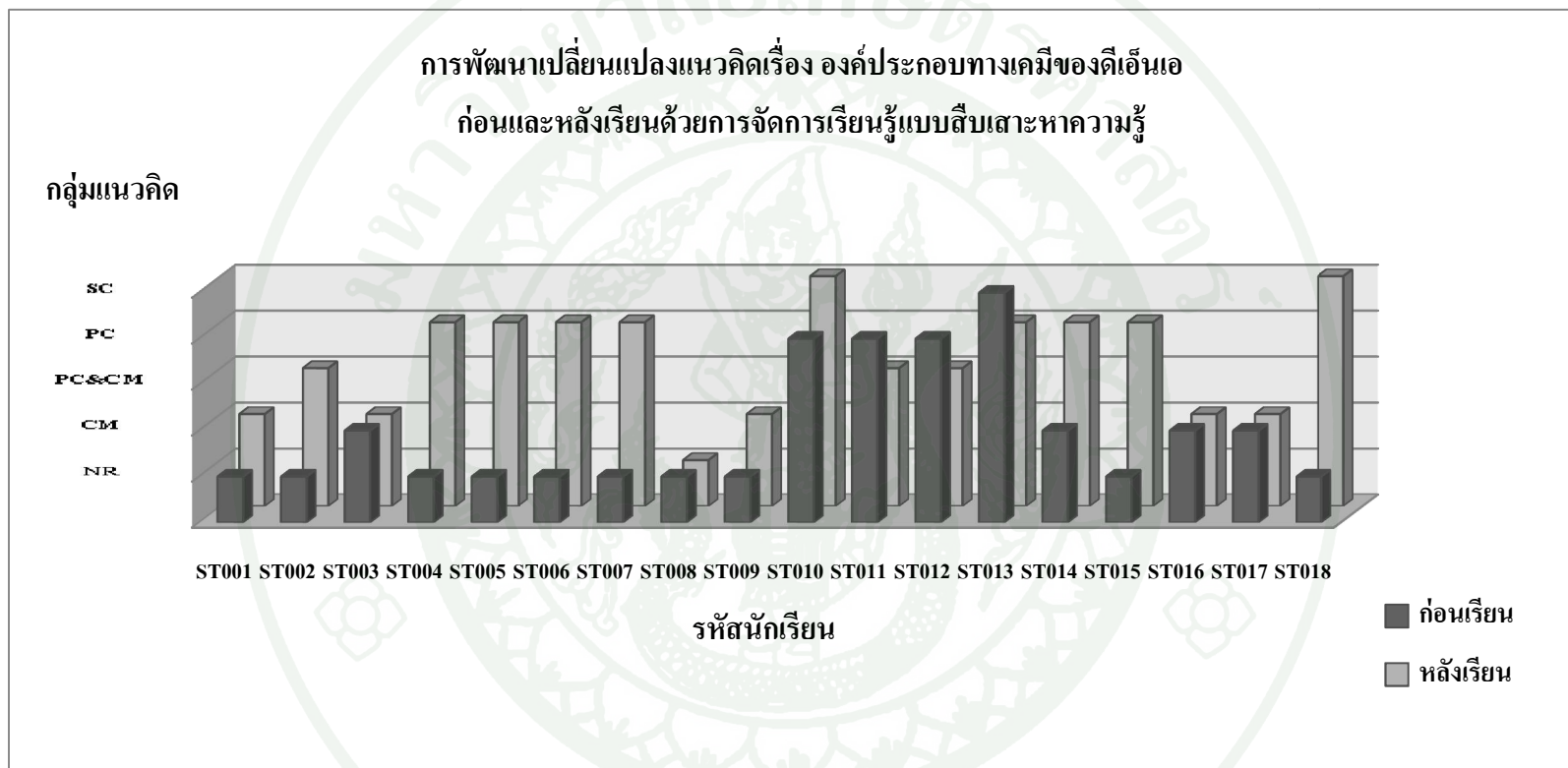
รองลงมาพบว่านักเรียนร้อยละ 25.71 (9 คน) ยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) โดยนักเรียนบอกองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ ดังที่นักเรียนตอบว่า “ข้อ A เพราะมีองค์ประกอบของ DNA คือ เบสแสดงให้เห็น” (ST017) “ภาพทุกภาพ เพราะมีโครงสร้างของดีเอ็นเอทั้งน้ำตาล ภาพ B มีเบส ภาพ C และ D และ A กับ E เป็นโครงสร้างของดีเอ็นเอ” (ST003) และ “A B D E เพราะมีองค์ประกอบครบทั้ง 3 ส่วน” (ST016)

และพบว่านักเรียนร้อยละ 20.00 (7 คน) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PC) โดยเข้าใจว่าองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอจะประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ น้ำตาลดีออกซีไรโบส ไนโตรจีนัสเบสและหมู่ฟอสเฟต แต่นักเรียนไม่ได้ระบุองค์ประกอบครบทั้ง 3 ส่วน ดังที่นักเรียนตอบว่า “ตอบข้อ E เพราะมีองค์ประกอบทั้ง 3 อย่างที่ประกอบกันเป็นนิวคลีโอไทด์” (ST014) และ “ตอบข้อ E เพราะมีองค์ประกอบทั้ง 3 อย่าง” (ST015)

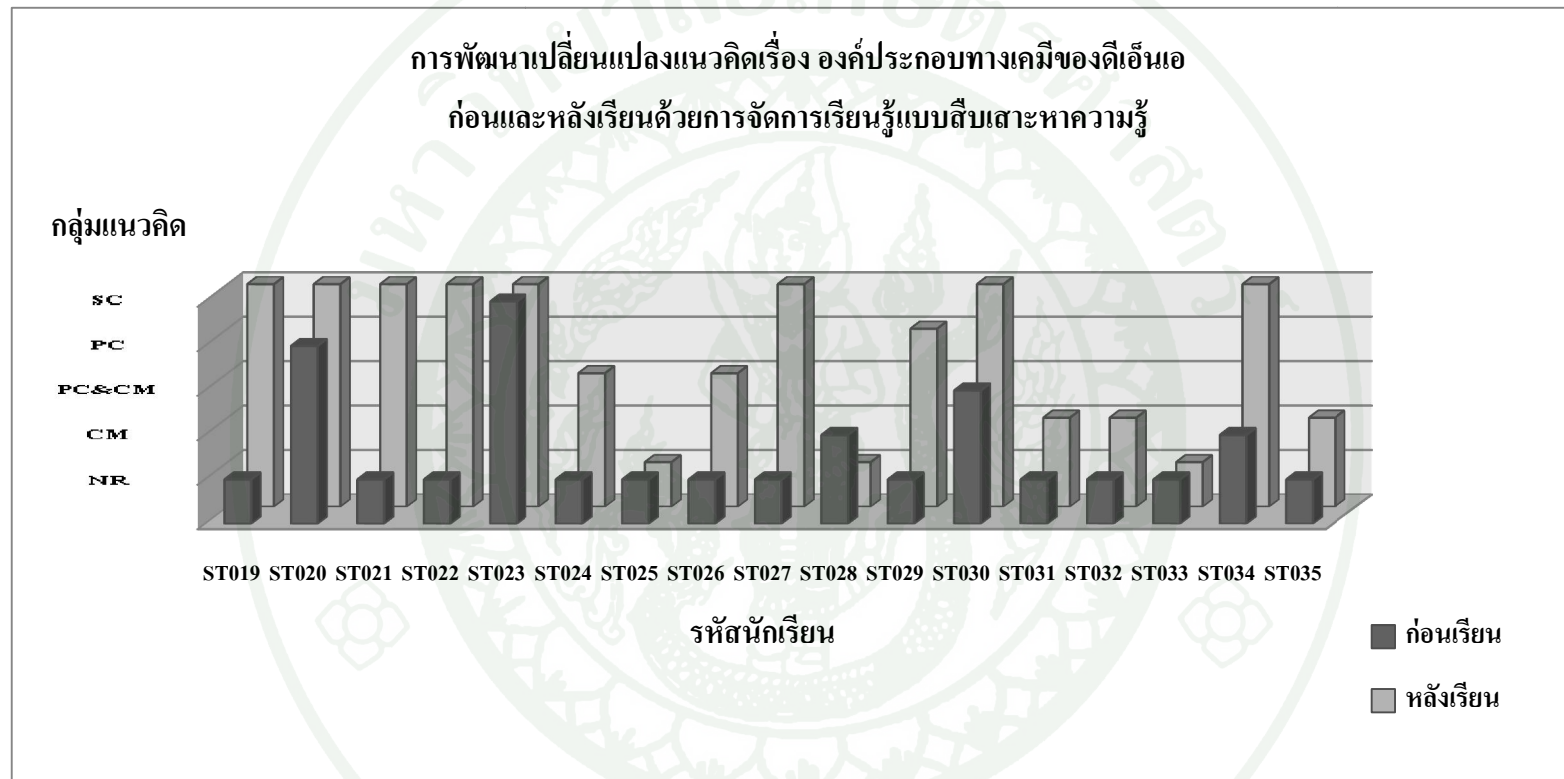
นอกจากนี้พบว่ามึนักเรียนร้อยละ 17.15 (6 คน) มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) โดยเข้าใจถูกต้องว่าองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอประกอบด้วย 3 ส่วน ได้แก่ น้ำตาลดีออกซีไรโบส ไนโตรจีนัสเบสและหมู่ฟอสเฟต แต่เข้าใจคลาดเคลื่อนว่าเบสในที่นี้หมายถึงความเป็นกรดเบส ดังที่นักเรียนตอบว่า “ภาพ E เพราะ P คือหมู่ฟอสเฟต S แทนน้ำตาลดีออกซีไรโบส ช่วยในการรักษา DNA เอาไว้ ส่วนเบสนั้นจะมีค่าเป็นเบส” (ST012) และพบว่ายังคงมีนักเรียนที่ไม่มีแนวคิด (NR) ในเรื่องนี้ ร้อยละ 11.43 (4 คน)

ซึ่งจากการวิเคราะห์แนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่อง องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ ก่อนและหลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่านักเรียนมีการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ ดังภาพที่ 20 และ 21





ภาพที่ 20 กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่ององค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
ของนักเรียนรหัส ST001-ST018



ภาพที่ 21 กราฟแสดงการพัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเรื่ององค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ ก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
ของนักเรียนรหัส ST019-ST035

โดยก่อนการจัดการเรียนรู้มีนักเรียนส่วนใหญ่ไม่มีแนวคิด (NR) จำนวน 22 คน หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่านักเรียนได้พัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดวิทยาศาสตร์ เรื่อง หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เป็นอยู่ในกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) จำนวน 5 คน (ST018, ST019, ST021, ST022, ST027) แนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PC) จำนวน 6 คน (ST004, ST005, ST006, ST007, ST015, ST029) แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) จำนวน 3 คน (ST002, ST024, ST026) แนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) จำนวน 5 คน (ST001, ST009, ST031, ST032, ST035)

รองลงมาพบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้มีนักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) จำนวน 6 คน หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่านักเรียนได้พัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเป็นอยู่ในกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) จำนวน 1 คน (ST034) แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) จำนวน 1 คน (ST014) นอกจากนี้พบว่า ก่อนการจัดการเรียนรู้มีนักเรียนบางส่วนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ไม่สมบูรณ์ (PC) จำนวน 4 คน หลังการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ พบว่านักเรียนได้พัฒนาเปลี่ยนแปลงแนวคิดเป็นอยู่ในกลุ่มแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) จำนวน 2 คน (ST010, ST020)

ผลการวิจัยของคำถามวิจัยข้อที่ 2

วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ช่วยพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องการแบ่งเซลล์ และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ในการตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2 ผู้วิจัยเก็บรวบรวมข้อมูลจากบันทึกการสังเกตการปฏิบัติการสอนของผู้วิจัย การอภิปรายร่วมกับครูผู้ร่วมวิจัย และวีดิทัศน์การสอน โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลหลังสอนในแต่ละแผนจำนวนทั้งสิ้น 5 แผน จากนั้นทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้การวิเคราะห์แบบอุปนัย (Inductive Analysis) (Merriam, 1998) โดยการรายงานผลการวิจัยจะรายงานสรุปผลการวิเคราะห์ทุกแผนโดยเรียงจากขั้นสร้างความสนใจไปจนถึงขั้นประเมิน

ขั้นสร้างความสนใจ

1. การใช้คำถามในการสำรวจความรู้เดิมควรมีความกระชับ

ผลการวิจัยพบว่าในการจัดการเรียนการสอนในขั้นนี้มีจำนวนคำถามที่ใช้ในขั้นสร้างความสนใจมากเกินไป ทำให้ต้องใช้เวลาในขั้นนี้มาก เพราะต้องรอคำตอบของนักเรียน ดังตัวอย่างในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่องลักษณะทางพันธุกรรม ที่ครูถามกล่าวว่า “คำถามค่อนข้างมาก อาจสอนไม่ทัน เราถามแต่คำถามที่สำคัญได้ไหม” (การอภิปรายหลังแผนที่ 1, 5 ก.ย. 56) สอดคล้องกับที่ผู้วิจัยบันทึกไว้ว่า “ใช้เวลาในขั้นนำค่อนข้างนาน จึงทำให้เวลาในการทำกิจกรรมลดลง ขาดการอภิปรายเป็นกลุ่มเนื่องจากเวลาน้อย” (บันทึกของผู้วิจัยแผนที่ 1, 5 ก.ย. 56)

แนวทางแก้ไขคือควรมีการจัดลำดับของการใช้คำถามเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้เดิมของนักเรียน โดยเฉพาะคำถามที่นำไปสู่ขั้นสำรวจและค้นหานั้นการถามให้กระชับ เรียงลำดับจากคำถามที่ง่ายไปสู่คำถามที่ยาก ครอบคลุมแนวคิดที่ต้องการสอน รวมทั้งแนวคิดพื้นฐานที่จำเป็นต่อการเรียนรู้แนวคิดใหม่ เพราะหากคำถามที่ใช้ไม่ชัดเจนและเข้าใจยาก ไม่ครอบคลุมแนวคิดที่ต้องการ นักเรียนอาจไม่สามารถตอบคำถามได้และทำให้ครูผู้สอนไม่ได้ข้อมูลเกี่ยวกับความรู้เดิมของนักเรียน

2. การใช้สื่อร่วมกับคำถามจะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ

ผลการวิจัยพบว่าการใช้คำถามเพื่อสร้างความสนใจและดึงความรู้เดิมของนักเรียน ยังไม่สามารถกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้ ดังตัวอย่างในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง โครโมโซม ดังบทสนทนาจากวิดีโอที่แนบมา

- ครู : ครูมีคำถาม นักเรียนคิดว่าโครโมโซมมีรูปร่างอย่างไร
 นักเรียน : เงียบ
 ครู : งั้นครูมีรูปมาให้ดู ลองดูซิว่าภาพไหนที่ลักษณะคล้ายกับโครโมโซม
 นักเรียน : ภาพ B กับ G ค่ะ
 ครู : เพราะอะไรถึงคิดว่าเป็นภาพ B กับ G
 นักเรียน : โครโมโซมมันจะเป็นคู่ๆ คล้ายๆกับปาตองโก๊ะครู

(วิดีโอการสอนแผนที่ 2, 11 ก.ย. 56)

แนวทางแก้ไขคือครูควรมีสื่อประกอบการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสนใจในแนวคิดที่จะเรียนหรือเพื่อตรวจสอบความรู้เดิมของนักเรียน โดยอาจใช้ภาพหรือวิดีโอที่เกี่ยวข้องกับบทเรียนฉายให้ดูสั้นๆ แล้วใช้คำถามเพื่อนำอภิปรายร่วมกันดังตัวอย่างในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง โครโมโซม ที่ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนดูภาพสิ่งต่างๆ ได้แก่ ไมโทคอนเดรีย ตะเกียบ ดิเอ็นเอ เซลล์ประสาท เม็ดเลือดแดง โครโมโซม และเซลล์กล้ามเนื้อ ประกอบกับการใช้คำถาม ซึ่งสามารถกระตุ้นให้นักเรียนมีความสนใจในสิ่งที่เรียนมากขึ้นดังที่ผู้วิจัยได้บันทึกไว้ว่า “นักเรียนให้ความสนใจกับภาพที่ครูให้ดูและพยายามหาคำตอบว่าภาพใดที่คล้ายกับโครโมโซม ส่วนภาพใดที่ไม่ใช่” (บันทึกของผู้วิจัยแผนที่ 2, 11 ก.ย. 56) หรือในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ผู้วิจัยได้ให้นักเรียนชมวิดีโอเกี่ยวกับกระบวนการแบ่งเซลล์ในสิ่งมีชีวิตประกอบการถามคำถาม ซึ่งช่วยกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้ดังที่ผู้วิจัยบันทึกไว้ว่า “นักเรียนให้ความสนใจและมีคำถามเกี่ยวกับวิดีโอที่ให้ชมว่าเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดไหน” (บันทึกของผู้วิจัยแผนที่ 3, 12 ก.ย. 56)

3. สื่อการสอนควรสอดคล้องกับเรื่องที่สอนและไม่ก่อให้เกิดแนวคิดคลาดเคลื่อน

ผลการวิจัยพบว่าสื่อที่ใช้ประกอบการใช้คำถามในขั้นนำในบางแผนยังไม่สามารถสื่อถึงสิ่งที่ครูต้องการสำรวจความรู้เดิมของนักเรียนได้ จึงต้องใช้เวลามากในการที่นักเรียนจะตอบคำถามที่เกี่ยวข้องกับสิ่งที่ครูต้องการได้ ดังตัวอย่างในแผนที่ 3 เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสที่ครูการเกิดกล่าวว่า “รูปนี้ (รูปการแบ่งเซลล์ของเซลล์มะเร็ง) มันอาจจะดูยาก ว่าเป็นการแบ่งเซลล์เนื่องจากนักเรียนยังไม่คุ้นเคยกับภาพนี้หรืออาจไม่เคยเห็นมาก่อน เราควรเลือกภาพที่สื่อได้ชัดเจนกว่านี้” (การอภิปรายหลังแผนที่ 3, 12 ก.ย. 56) สอดคล้องกับที่ผู้วิจัยได้บันทึกไว้ว่า “ภาพที่ใช้ไม่ชัดเจน เพราะนักเรียนตอบในสิ่งที่ไม่เกี่ยวข้อง เช่น ขนมน น้อยหน้า มนุษย์ต่างดาว” (บันทึกของผู้วิจัยแผนที่ 3, 12 ก.ย. 56) สอดคล้องกับบทสนทนาจากวีดิทัศน์ด้านล่าง

- ครู : วันนี้ครูมีภาพมาให้ดู คุณภาพนี้คืออะไร
- นักเรียน : เจียบ
- ครู : ลองตอบดู
- นักเรียน 1 : หนูว่าขนมอะไรสักอย่าง
- นักเรียน 2 : ผมว่าน้อยหน้า เพราะมันมีก้อนเล็กๆ ประกอบรวมกัน
- ครู : อืม ครูว่าลองดูดีๆ แล้วตอบใหม่อีกที
- นักเรียน 1 : หรือว่ามันจะเป็นมนุษย์ต่างดาวอะ
- นักเรียน 3 : เอ่อ มันใช่การแบ่งเซลล์ไหมครับครู
- ครู : เราดูจากอะไร ว่าเป็นการแบ่งเซลล์
- นักเรียน 3 : ก็จากภาพแรก มีสองมี 2 เซลล์ ภาพที่ 2 มันเพิ่มเป็น 4 เซลล์ ภาพ 3 มี 8 เซลล์ จนภาพสุดท้ายนี้ไม่แน่ใจว่ากี่เซลล์ เพราะมีเยอะ เลยคิดว่าน่าจะเป็นการแบ่งเซลล์
- นักเรียน 2 : แสดงว่าการแบ่งเซลล์ก็ต้องมีการแบ่งจาก 1 เป็น 2 ไปเรื่อยๆ หรือป่าวอะ ดูจากรูปแล้วน่าจะใช่

(วีดิทัศน์การสอนแผนที่ 3, 12 ก.ย. 56)

แนวทางแก้ไขคือครูควรพิจารณาเลือกใช้สื่อการสอน ไม่ว่าจะเป็นภาพ แบบจำลองหรือวีดิทัศน์ ที่สอดคล้องกับเนื้อหาหรือเรื่องที่ครูต้องการสอน โดยจะต้องเป็นสื่อที่มีความชัดเจน มีขนาดที่เหมาะสมและเป็นสื่อที่ไม่ทำให้เกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์แก่นักเรียน

ขั้นสำรวจและค้นหา

1. การอภิปรายกับนักเรียนก่อนทำกิจกรรมจะช่วยให้เกิดความเข้าใจตรงกันเกี่ยวกับกิจกรรม

ผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีความสับสนเกี่ยวกับวิธีทำกิจกรรม ดังตัวอย่างในแผนที่ 1 ที่พบว่านักเรียนไม่เข้าใจลักษณะทางพันธุกรรมบางลักษณะ เช่น ลักษณะของเชิงผมที่หน้าผาก ลักษณะของสันจมูกว่าเป็นอย่างไรดังที่ผู้วิจัยบันทึกไว้ว่า “นักเรียนไม่เข้าใจเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรมบางลักษณะ เนื่องจากครูไม่ได้อภิปรายกับนักเรียนเกี่ยวกับลักษณะทางพันธุกรรมทุกลักษณะก่อนทำกิจกรรม” (บันทึกสังเกตการณ์ของผู้วิจัยแผนที่ 1, 5 ก.ย. 56) สอดคล้องกับที่ครูการเกิดกล่าวว่า “เราน่าจะมีรูปลักษณะทางพันธุกรรมให้นักเรียนแต่ละกลุ่มดูนะ เพราะเค้าจะได้เข้าใจว่ามันมีลักษณะยังไง” (การอภิปรายหลังแผนที่ 1, 5 ก.ย. 56) ซึ่งสอดคล้องกับบทสนทนาจากวีดิทัศน์ด้านล่าง

- | | | |
|----------|---|--|
| ครู | : | นักเรียนคิดว่าลักษณะทางพันธุกรรมคืออะไร |
| นักเรียน | : | ลักษณะที่ได้รับมาจากพ่อแม่ ปู่ย่า |
| ครู | : | แล้วลักษณะใดบ้างที่จัดเป็นลักษณะทางพันธุกรรม |
| นักเรียน | : | ตาสองชั้น สีผิว สีผม |
| ครู | : | งั้นเรามาหาคำตอบกัน ครูจะให้พวกเราสำรวจลักษณะทางพันธุกรรมในใบงาน ว่าภายในห้องเราในแต่ละลักษณะมีจำนวนเท่าไร ให้เวลา 15 นาที |
| นักเรียน | : | ครูคะ ไอ้เชิงรอยหยักเชิงผมที่หน้าผากกับสันจมูกโค้งมันเป็นอย่างไงคะ หนูไม่เข้าใจ ใช่มั้ยแบบไหมคะ |

(วีดิทัศน์การสอนแผนที่ 1, 5 ก.ย. 56)

และสอดคล้องกับบันทึกหลังสอนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่องดีเอ็นเอ ที่ครูให้นักเรียนสร้างแบบจำลองดีเอ็นเอจากกระดาษ พบว่าถึงแม้จะมีการอภิปรายวิธีการทำกิจกรรม แต่นักเรียนบางกลุ่มยังไม่เข้าใจเกี่ยวกับการเปรียบเทียบแบบจำลองดีเอ็นเอกับโครงสร้างของดีเอ็นเอ ดังที่ผู้วิจัยบันทึกไว้ว่า “นักเรียนไม่เข้าใจว่าส่วนที่มองคล้ายราวบันไดในแบบจำลองนั้นเปรียบได้กับองค์ประกอบใดของดีเอ็นเอ อาจเพราะในขั้นตอนการอภิปรายนั้นครูไม่ได้แสดงภาพการเปรียบเทียบที่ชัดเจนนัก” (บันทึกสังเกตการณ์ของผู้วิจัยแผนที่ 5 , 19 ก.ย. 56) มีผลทำให้นักเรียนไม่สามารถนำข้อมูลที่ได้จากการสร้างแบบจำลองไปสรุปเป็นแนวคิดเรื่องดีเอ็นเอได้

แนวทางแก้ไขคือครูควรมีการอภิปรายกับผู้เรียนก่อนทำกิจกรรมทั้งในส่วนของคุณสมบัติของกิจกรรม วิธีการทำกิจกรรม การบันทึกผลเพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถทำกิจกรรมได้บรรลุตามวัตถุประสงค์ และระหว่างการทำกิจกรรมครูควรเดินเข้าไปดูการทำกิจกรรมของนักเรียนแต่ละกลุ่มเพื่อให้ข้อเสนอแนะและตรวจสอบความถูกต้องในการทำกิจกรรมอีกครั้ง

2. กิจกรรมที่ใช้ควรมีความกระชับและน่าสนใจ

ผลการวิจัยพบว่าเวลาที่ใช้ในการทำกิจกรรมขึ้นสำรวจและค้นหาในบางแผนยาวนานเกินไป ทำให้นักเรียนบางส่วนเกิดความเบื่อหน่ายและไม่ช่วยเพื่อนทำกิจกรรม ดังตัวอย่างในแผนที่ 3 เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ที่นักเรียนทำกิจกรรมการสร้างแบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสเป็นเวลา 45 นาที ดังที่ผู้วิจัยบันทึกไว้ว่า “เวลาในการทำกิจกรรมค่อนข้างยาวนาน ในช่วงแรกนักเรียนตั้งใจทำกิจกรรมดี (30 นาที) แต่พอเวลาผ่านไปนักเรียนบางส่วน (11 คน จาก 35 คน) ไม่สนใจทำกิจกรรม” (บันทึกของผู้วิจัยแผนที่ 3, 12 ก.ย. 56) สอดคล้องกับที่ครูการเกิดกล่าวว่า “คราวหน้าต้องจัดการเรื่องเวลา สงสัยเราให้นักเรียนทำกิจกรรมนานเกินไป กลุ่มที่ทำเสร็จเลยไม่รู้จะทำอะไรและกิจกรรมมันเป็นการปั่น มันอาจจะไม่เหมาะกับเด็กวัยนี้(การอภิปรายหลังแผนที่ 3, 12 ก.ย. 56) ซึ่งสอดคล้องกับบทสนทนาจากวิดีโอทัศนด้านล่าง

ครู	:	วันนี้ครูจะให้ทำกิจกรรมเพื่อศึกษาการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ซึ่งอุปกรณ์หลักในวันนี้เราจะใช้ดินน้ำมัน
นักเรียน	:	เราจะเอาดินน้ำมันมาทำอะไรครับครู ใช้อะไรแบบเรื่องที่แล้วไหม

- ครู : ใช่ ครูจะให้เราสร้างแบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส
- นักเรียนคนที่ 1 : หนูว่าเอาดินน้ำมันมาปั้น เหมือนเด็กอนุบาลเลยคะ
- ครู : ครูใช้เวลาในการทำกิจกรรม 30 นาที อย่าลืมแบ่งงานกันนะ
(เวลาผ่านไป 30 นาที)
- ครู : ตอนนี้หมดเวลาแล้ว มีกลุ่มไหนยังไม่เสร็จบ้าง
- นักเรียน 2 : กลุ่มหนูยังคะ ขอเวลาอีกหน่อย
- นักเรียน 3 : ครูครับ กลุ่มผมเสร็จแล้ว ช่วยมาดูให้หน่อย
- นักเรียน 1 : กลุ่มนี้เสร็จแล้วคะ ทำไงต่อคะ
- ครู : งั้นกลุ่มที่ไม่เสร็จ ครูให้เวลาอีก 10 นาที เดี่ยวปล่อยไปกินข้าว
กลางวันละ
- นักเรียน 3 : ครูครับ กลุ่มผมเสร็จแล้วไปกินข้าวเลยได้ป่าว
- ครู : อ้อๆ เดี่ยวไปพร้อมกัน นั่งรอก่อน

(วิดิทัศน์การสอนแผนที่ 3, 12 ก.ย. 56)

และสอดคล้องกับบันทึกหลังสอนในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสที่นักเรียนทำกิจกรรมศึกษาการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจากพืชโดยใช้กล้องจุลทรรศน์และสร้างแบบจำลองการแบ่งเซลล์จากดินน้ำมัน ซึ่งนักเรียนบางกลุ่มใช้เวลาในการทำกิจกรรมนานเกิน 30 นาที ทำให้นักเรียนกลุ่มที่ทำกิจกรรมเสร็จแล้วเกิดความเบื่อหน่าย ดังที่ผู้วิจัยได้บันทึกว่า “นักเรียนบางส่วนนั่งคุย เนื่องจากทำกิจกรรมเสร็จแล้ว” (บันทึกของผู้วิจัยแผนที่ 4, 18 ก.ย. 56)

แนวทางแก้ไขคือครูควรจัดสรรเวลาในการทำกิจกรรมในชั้นสำรวจและค้นหาให้มีความกระชับ ไม่ควรใช้เวลาในการทำกิจกรรมนานเกิน 30 นาที เพราะจะทำให้ให้นักเรียนรู้สึกเบื่อหน่ายไม่สนใจทำกิจกรรม และระหว่างที่นักเรียนทำกิจกรรม ครูควรกระตุ้นให้นักเรียนช่วยกันทำกิจกรรมให้เสร็จสิ้นภายในระยะเวลาที่กำหนด

3. กิจกรรมที่ใช้ควรมีความหลากหลายและไม่ซ้ำซาก

ผลการวิจัยพบว่า ในบางแผนนักเรียนขาดความตั้งใจในการทำกิจกรรมเนื่องจากกิจกรรมมีลักษณะคล้ายคลึงกับกิจกรรมที่นักเรียนเคยทำไปในแผนอื่น ดังตัวอย่างในแผนที่ 4 เรื่อง

การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ที่นักเรียนทำกิจกรรมศึกษาการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจากพืชโดยใช้กล้องจุลทรรศน์และสร้างแบบจำลองการแบ่งเซลล์จากดินน้ำมัน ซึ่งกิจกรรมดังกล่าวมีลักษณะคล้ายคลึงกับกิจกรรมในแผนที่ 3 เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส นักเรียนจึงขาดความสนใจ ดังที่ผู้วิจัยได้บันทึกไว้ว่า “นักเรียนบางส่วนนั่งคุย ไม่ช่วยเพื่อนทำกิจกรรมและลอกใบบันทึกของเพื่อนที่ทำกิจกรรมอยู่” (บันทึกของผู้วิจัยแผนที่ 4, 18 ก.ย. 56) ซึ่งสอดคล้องกับบทสนทนาจากวิดีโอที่แนบด้านล่าง

- ครู : วันนี้ครูจะให้ทำกิจกรรมเพื่อศึกษาการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส
- นักเรียน : เราต้องทำไงบ้างคะครู
- ครู : ก็คล้ายๆกับกิจกรรมการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ใช้ดินน้ำมัน
- นักเรียนคนที่ 1 : ปั้นอีกแล้วหรอครับ(ถอนหายใจ)
- นักเรียนคนที่ 2 : ไม่ปั้นได้ไหมคะเพราะเคยทำไปแล้ว
- (วิดีโอสนทนาการสอนแผนที่ 4, 18 ก.ย. 56)

แนวทางแก้ไขคือครูควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่หลากหลายไม่ซ้ำกับแผนอื่นที่เพิ่งให้นักเรียนทำกิจกรรมในลักษณะดังกล่าวไปเนื่องจากอาจทำให้นักเรียนเกิดความเบื่อหน่ายไม่สนใจทำกิจกรรม นอกจากนี้กิจกรรมที่จัดควรเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เช่น กิจกรรมที่ให้นักเรียนได้ทดลองจากของจริงการสร้างแบบจำลอง เป็นต้น ดังตัวอย่างในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่องดีเอ็นเอ ที่นักเรียนได้สร้างแบบจำลองดีเอ็นเอจากกระดาษ ซึ่งพบว่านักเรียนมีความสนใจและกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมค่อนข้างมากอีกทั้งมีการแบ่งหน้าที่ในการทำงานกลุ่ม ดังที่ผู้วิจัยบันทึกไว้ว่า “นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมเป็นอย่างดี มีการแบ่งหน้าที่กันและมีการซักถามเมื่อไม่เข้าใจ” (บันทึกของผู้วิจัยแผนที่ 5, 19 ก.ย. 56)

4. คำถามของนักเรียนที่ซ้ำกันในหลายกลุ่มควรนำมาอภิปรายร่วมกันทั้งห้องแทนการตอบรายกลุ่ม

ผลการวิจัยพบว่าในระหว่างทำกิจกรรมขึ้นสำรวจและค้นหา นักเรียนหลายกลุ่มมีข้อสงสัยที่คล้ายคลึงกันและมีการถามคำถามซ้ำๆกัน ทำให้ครูต้องใช้เวลามากในการตอบคำถามเดิมและทำให้นักเรียนบางกลุ่มไม่สามารถทำกิจกรรมได้เสร็จตามเวลาที่กำหนด ดังตัวอย่างในแผนที่ 5

เรื่องดีเอ็นเอ ที่ครูการเกิดกล่าวว่า “ถึงแม้เราจะอภิปรายเกี่ยวกับการทำกิจกรรมไปแล้ว แต่ยังคงมีนักเรียนที่ไม่เข้าใจและมีการถามคำถามซ้ำกัน” (การอภิปรายหลังแผนที่ 5, 19 ก.ย. 56) สอดคล้องกับที่ผู้วิจัยบันทึกว่า “นักเรียนมีการถามคำถามซ้ำๆ กัน และครูต้องตอบคำถามเดิมกับทุกกลุ่ม ทำให้ใช้เวลาในการทำกิจกรรมมากกว่าที่ควรจะเป็น” (บันทึกของผู้วิจัยแผนที่ 5, 19 ก.ย. 56)

แนวทางแก้ไขคือในการทำกิจกรรมเมื่อพบว่านักเรียนหลายกลุ่มมีข้อสงสัยหรือปัญหาที่คล้ายคลึงกัน ครูควรนำปัญหาและข้อสงสัยของนักเรียนที่คล้ายกันมาอภิปรายร่วมกันทั้งห้อง แทนการตอบคำถามเฉพาะกลุ่มหรือรายบุคคล ซึ่งจะช่วยกระชับเวลาในการสอนและไม่ทำให้นักเรียนที่ทราบคำตอบแล้วเกิดความเบื่อหน่าย

ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป

1. การนำเสนอผลการทำกิจกรรมควรเลือกกลุ่มที่มีผลการทำกิจกรรมน่าสนใจและสามารถเป็นตัวแทนห้องได้

ผลการวิจัยพบว่าในการนำเสนอผลการทำกิจกรรมของนักเรียน ใช้เวลาในการนำเสนอมาก เพราะครูให้นักเรียนทุกกลุ่มนำเสนอ ซึ่งนักเรียนบางกลุ่มมีผลการทำกิจกรรมเหมือนกัน ทำให้นักเรียนที่ฟังเกิดความเบื่อหน่ายและไม่สนใจฟังการนำเสนอของเพื่อน ดังตัวอย่างในแผนที่ 1 เรื่องลักษณะทางพันธุกรรมที่ผู้วิจัยบันทึกว่า “การนำเสนอของนักเรียนใช้เวลานานมาก (25 นาที) ทำให้นักเรียนหลายคนที่ไม่ได้นำเสนอหรือนำเสนอเสร็จแล้วเริ่มคุยกันและไม่สนใจฟังสิ่งที่เพื่อนนำเสนอ” (บันทึกของผู้วิจัยแผนที่ 1, 5 ก.ย. 56)

แนวทางแก้ไขคือครูควรสังเกตผลการทำกิจกรรมของนักเรียนทุกกลุ่มในช่วงที่นักเรียนทำกิจกรรมอยู่ และเมื่อถึงเวลาในการนำเสนอครูควรเลือกเฉพาะกลุ่มที่มีผลการทำกิจกรรมน่าสนใจ มีผลกิจกรรมที่แตกต่างจากกลุ่มอื่นและสามารถเป็นตัวแทนของห้องได้นำเสนอและอภิปรายร่วมกัน

2. การสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ควรสนับสนุนให้นักเรียนเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเอง มิใช่เพื่อหวังแรงเสริมภายนอก

ผลการวิจัยพบว่านักเรียนให้ความสำคัญกับแรงเสริมภายนอก (Extrinsic motivation) เช่น คะแนน สติ๊กเกอร์ มากกว่าการเรียนรู้เพื่อให้เกิดการเรียนรู้และพัฒนาตนเอง ดังตัวอย่างในแผน ที่ 2 เรื่องโครโมโซม ที่ผู้วิจัยบันทึกว่า “นักเรียนยังคงให้ความสำคัญกับเรื่องของคะแนน ถ้าไม่ได้ คะแนนพิเศษ นักเรียนก็ไม่อยากตอบคำถามหรือนำเสนอหน้าชั้นเรียน” (บันทึกของผู้วิจัยแผนที่ 2, 11 ก.ย. 56) สอดคล้องกับบทสนทนาจากวีดิทัศน์ด้านล่าง

ครู	:	ขออาสาสมัครก่อน ไหนกลุ่มไหนจะออกมาแนะนำก่อน
นักเรียน	:	เจียบ ไม่มีกลุ่มไหนออกมา
ครู	:	เอ้า เร็วๆ กลุ่มไหนก็ได้ ออกมาแนะนำเสนอชื่อว่า โครโมโซม ที่กลุ่มเราป็นนะ หน้าตาเป็นไง เร็วๆ เดียวเวลาหมดก่อน
นักเรียน	:	ครูคะ ถ้าออกไปนำเสนอได้คะแนนไหมคะ
ครู	:	โอเค ครูจะให้สติ๊กเกอร์
นักเรียน 1	:	โครโมโซมของกลุ่มหนูมีลักษณะเป็นคู่ อิม คล้ายๆกับ

(วีดิทัศน์การสอนแผนที่ 2, 11 ก.ย. 56)

แนวทางแก้ไขคือครูต้องสร้างบรรยากาศของการเรียนรู้ที่นักเรียนรู้สึกสนุกกับการเรียน และเรียนเพื่อให้เกิดการเรียนรู้และพัฒนาตนเอง มิใช่เรียนเพื่อหวังผลตอบแทน เช่น คะแนนหรือเกรด ซึ่งเป็นแรงเสริมภายนอก ที่จะไปลดทอนมิให้เกิดการเรียนรู้อย่างยั่งยืน

3. นักเรียนควรได้ฝึกการนำเสนองานหน้าชั้นเรียนอย่างสม่ำเสมอ

ผลการวิจัยพบว่านักเรียนยังขาดทักษะในการนำเสนองานหน้าชั้นเรียน เมื่อครูให้นักเรียนออกมาแนะนำ นักเรียนจะปฏิเสธไม่ยอมนำเสนองานหน้าชั้นเรียนหรือนำเสนอด้วยลักษณะท่าทางและน้ำเสียงที่ไม่กระตุ้นให้ผู้ฟังเกิดความสนใจในสิ่งที่นำเสนอ ดังตัวอย่างในแผนที่ 3 เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส ที่ผู้วิจัยบันทึกว่า “นักเรียนออกมาแนะนำงานโดยการอ่านจาก

เอกสารประกอบการสอนที่ครูแจกให้ โดยไม่ได้ทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่จะนำเสนอ”(บันทึกของผู้วิจัยแผนที่ 3, 12 ก.ย. 56) ซึ่งสอดคล้องกับบทสนทนาจากวิดิทัศน์ด้านล่าง

- ครู : หลังจากที่เราได้สร้างแบบจำลองการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส แล้ว ครูเดินดูผลงาน มีกลุ่มที่ทำได้น่าสนใจ กลุ่ม 3 กับ กลุ่ม 8 เดียวให้มานำเสนอหน้าชั้นเรียน เตรียมตัวเลย
- นักเรียน : ครูครับ ยืนพูดที่โต๊ะเรียนได้ไหม
- ครู : ไม่ต้องอาย มานำเสนอเพื่อนจะได้เห็นผลงาน
- นักเรียน : ครูคะ กลุ่มหนูไม่รู้จะอธิบายยังไงคะ เอาเอกสารออกไปดูด้วยได้ไหม

(วิดิทัศน์การสอนแผนที่ 3, 12 กันยายน 2556)

แนวทางการแก้ไขคือครูควรส่งเสริมให้นักเรียนได้นำเสนอหน้าชั้นเรียนและฝึกทักษะการนำเสนอ สร้างความมั่นใจในการนำเสนอและส่งเสริมให้นักเรียนมีการอภิปรายร่วมกันระหว่างการนำเสนอ

ขั้นขยายความรู้

1. เปิดโอกาสให้นักเรียนเปรียบเทียบความรู้ใหม่กับความรู้เดิม

ผลการวิจัยพบว่าหลังเรียนแล้วนักเรียนจำนวนมากยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) หรือแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) ซึ่งอาจเป็นเพราะกิจกรรมการเรียนรู้ในบางแผน เมื่อทำกิจกรรมเสร็จครูไม่ได้เชื่อมโยงความรู้เดิมกับความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรมอย่างชัดเจน นักเรียนจึงไม่มีโอกาสเปรียบเทียบและเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิม ดังที่พบในแผนที่ 4 เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ที่ผู้วิจัยบันทึกไว้ว่า “นักเรียนไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ใหม่กับความรู้เดิมได้ ทำให้ยังไม่เกิดการเรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ อีกทั้งยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน” (บันทึกของผู้วิจัยแผนที่ 4, 18 ก.ย. 56) ซึ่งสอดคล้องกับบทสนทนาจากวิดิทัศน์ด้านล่าง

- ครู : เดี่ยวเราจะให้เพื่อนออกมานำเสนอผลการทำกิจกรรมนะ ตั้งใจฟังเพื่อนด้วย
- นักเรียน : การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสเป็นการแบ่งของเซลล์สืบพันธุ์ เช่น เซลล์ไข่ หรือเซลล์อสุจิ ประกอบด้วยไมโอซิส I และ ไมโอซิส II โดยไมโอซิส I ประกอบด้วย ระยะที่ 1 โพรเฟส I เป็นระยะที่จะเห็นโครโมโซมขดตัวสั้น มี 2 โครมาทิด . . .
- ครู : มีใครสงสัยอะไรหรือเห็นต่างจากเพื่อนไหม
- นักเรียน : (เงียบ)
- ครู : โอเคเดี๋ยวครูมี PowerPoint กับคลิปวิดีโอเรื่องนี้ให้ดู ครูเตรียมมาตั้งใจฟังกันให้ดี

(วิธีสอนการสอนแผนที่ 4, 18 ก.ย. 56)

แนวทางแก้ไขคือครูควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เปรียบเทียบความรู้ใหม่กับความรู้เดิมซึ่งอาจช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์มากขึ้น โดยการทำเช่นนี้ครูอาจเขียนสรุปความรู้เดิมที่ได้จากการทำกิจกรรมในชั้นสร้างความสนใจไว้บนกระดานเพื่อให้นักเรียนได้เห็นความเข้าใจเดิมของตนเองและเมื่อได้ความรู้ใหม่จึงเขียนเปรียบเทียบให้นักเรียนเห็นและชี้ให้นักเรียนอภิปรายเปรียบเทียบในประเด็นนี้

2. การใช้คำถามนำร่วมกับเทคนิคอื่นช่วยนักเรียนในการสรุปแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ได้

ผลการวิจัยพบว่าในบางแผนการจัดการเรียนรู้ นักเรียนไม่สามารถสรุปและเชื่อมโยงแนวคิดที่เรียนด้วยตนเองได้เนื่องจากแนวคิดมีความซับซ้อน ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสที่ผู้วิจัยบันทึกว่า “นักเรียนใช้เวลาในการตอบคำถามเพื่อที่จะสรุปแนวคิดนาน และมีนักเรียนบางคนสรุปแนวคิดไม่ถูกต้อง มีการลอกข้อความจากหนังสือเรียนแทนการสรุปจากความคิดตนเอง จึงต้องมีการอภิปรายกันใหม่” (บันทึกสังเกตการณ์ของผู้วิจัยแผนที่ 3 , 12 ก.ย. 56) สอดคล้องกับที่ครูการเกิดกล่าวว่า “แนวคิดนี้ค่อนข้างยากนะ เพราะเป็นเรื่องของ

กระบวนการ มีรายละเอียดเยอะ ถ้าจะให้ให้นักเรียนสรุปได้เองเลย คงยาก” (การอภิปรายหลังแผนที่ 3, 12 ก.ย. 56) ซึ่งสอดคล้องกับบทสนทนาจากวิดีโอต้นล่าง

- ครู : เดี่ยวให้นักเรียนสรุปสิ่งที่ได้เรียนเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสลงในใบงานด้านหลังนะ
- นักเรียน 1 : ครูครับ เขียนยังไงดี ผมไม่รู้จะเขียนไง
- นักเรียน 2 : นี่ไง ลอกจากเอกสารก็ได้ มีอยู่
- ครู : ครูว่าพยายามเขียนด้วยตัวเองก่อนนะ ว่ากระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสมีกี่ขั้น อะไรบ้าง แล้วอธิบายมา

(วิดีโอการสอนแผนที่ 3, 12 กันยายน 2556)

แนวทางการแก้ไขคือในเวลาที่จำกัดในการสรุปแนวคิดที่เรียน ครูควรมีคำถามนำควบคู่ไปกับการใช้เทคนิคอื่น เช่น การใช้สื่อวีดิทัศน์ที่สอดคล้องกับเรื่องที่สอน เพื่อช่วยนักเรียนในการสรุปแนวคิดที่เรียนได้อย่างถูกต้องและครอบคลุม

ขั้นประเมิน

1. วิธีการวัดที่หลากหลายจะช่วยให้ตรวจสอบความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

ผลการวิจัยพบว่าการประเมินว่านักเรียนเกิดการเรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์ได้หรือไม่ อย่างไรนั้น พบว่าหากวัดด้วยการให้นักเรียนเขียนตอบ นักเรียนบางคนอาจไม่สามารถเขียนตอบได้อย่างครอบคลุม แต่หากทำการสอบถามนักเรียนให้พูดอธิบาย นักเรียนก็สามารถอธิบายได้ ดังตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง โครโมโซม ที่ครูถามเด็กแล้วว่า “นักเรียนบางคน เวลาที่เราให้เค้าเขียนเกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ เค้าเขียนไม่เก่ง แต่พอลองถามให้เค้าตอบ เค้าตอบได้นะ แสดงว่าเค้าก็มีความรู้” (การอภิปรายหลังแผนที่ 2, 11 ก.ย. 56) สอดคล้องกับที่ผู้วิจัยบันทึกว่า “นักเรียนบางคนไม่สามารถเขียนตอบคำถามในใบงานได้ แต่พอครูเข้าไปถาม นักเรียนสามารถตอบคำถามได้” (บันทึกของผู้วิจัยแผนที่ 2 , 11 ก.ย. 56) ซึ่งสอดคล้องกับบทสนทนาจากวิดีโอต้นล่าง

- ครู : เดี่ยวให้นักเรียนสรุปเกี่ยวกับลักษณะของโครโมโซมจากกิจกรรมนะ ให้เวลา 5 นาที (ครูเดินไปดูนักเรียนแต่ละกลุ่ม) อ้าว ทำไมไม่เขียนอะไรเลยลูก
- นักเรียน : ครูคะ หนูไม่รู้จะเขียนไงดี
- ครู : อ้าว แล้วในความคิดเรา โครโมโซมน่าจะมีลักษณะอย่างไร
- นักเรียน : อืม มันก็จะคล้ายๆ ปาท่องโก๋ เป็นคู่ๆ แล้วมีตรงกลางที่เรียกว่า เอ่อ นึกก่อนนะคะ มันเรียกว่าเซนโทรเมียร์ใช้ไหมคะ หนูกลัวผิด
- ครู : อ้าว เรารู้มัน เขียนลงไปได้เลย
- (วิธีทศน์การสอนแผนที่ 2, 11 ก.ย. 56)

แนวทางการแก้ไขคือครูควรใช้วิธีการวัดที่หลากหลาย เพื่อตรวจสอบความเข้าใจของนักเรียน เพราะนักเรียนแต่ละคนมีความถนัดในการสื่อสารความคิดแตกต่างกัน

2. การวัดแนวคิดของนักเรียนก่อนสอนแนวคิดใหม่ช่วยป้องกันการเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนได้

ผลการวิจัยพบว่านักเรียนนำแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องก่อนหน้ามาเชื่อมโยงสู่แนวคิดใหม่ ดังตัวอย่างในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ที่ผู้วิจัยบันทึกไว้ว่า“ในการตอบแบบวัดแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสนั้น นักเรียนบางส่วนที่ตอบแบบวัดแนวคิดตอบโดยการจำมาจากแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสที่เป็นแนวคิดคลาดเคลื่อน” (บันทึกของผู้วิจัยแผนที่ 4, 18 ก.ย. 56) สอดคล้องกับบทสนทนาด้านล่าง

- ครู : เดี่ยวครูให้นักเรียนทำแบบวัดแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสนะ ดูซิว่าที่เราเรียนไป เรารู้อะไรเพิ่มบ้าง ให้ตั้งใจทำนะ (ระหว่างที่นักเรียนทำ ครูเดินไปดูคำตอบของนักเรียน)
- นักเรียน 1 : ครูคะ หนูไม่รู้จะเขียนไงดี
- ครู : ค่อยๆ เรียบเรียง เราเรียนมาแล้วเกี่ยวกับการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ลองเขียนตามที่เราเข้าใจหลังจากเรียน
- นักเรียน : หนูคิดว่ากระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสน่าจะเหมือนการ

แบ่งเซลล์แบบไมโทซิส คือ มันจะแบ่งแบบทวิคูณ จาก 1 เป็น 2 จาก 2 เป็น 4 ไปเรื่อย

(วิทัศน์การสอนแผนี่ 4, 18 ก.ย. 56)

แนวทางแก้ไขคือครูควรทำการวัดแนวคิดของนักเรียนหลังเรียนในแต่ละแนวคิดก่อนที่จะเริ่มสอนแนวคิดใหม่เพื่อป้องกันปัญหาการนำแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องก่อนหน้าไปเชื่อมโยงกับแนวคิดที่จะเรียนต่อไป



การอภิปรายผลการวิจัย

การอภิปรายผลการวิจัยของคำถามวิจัยข้อที่ 1

จากผลการวิจัยพบว่าหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เพิ่มขึ้นกว่าก่อนเรียนในทุกแนวคิด โดยเฉพาะในแนวคิดเรื่องจำนวน โครโมโซมของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม และองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยที่ผ่านมาหลายงาน อาทิ อาทิตยา จิตรเอื้อเพื่อ (2551) ที่พบว่ากิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ โดยนักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นหลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้ดังกล่าว เช่นเดียวกับ EisenKraft (2003) และ Guzzentti et al. (1993) ที่พบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ช่วยให้นักเรียนเกิดการปรับเปลี่ยนแนวคิดจากแนวคิดคลาดเคลื่อนมาเป็นแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ ในทำนองเดียวกัน Lawson (2001) ระบุว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีประสิทธิภาพในการสอนแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน

นอกจากนี้ผลการวิจัยชี้ว่าจำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) หลังเรียน เพิ่มขึ้นมากกว่าก่อนเรียนในหลายแนวคิด ได้แก่ กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ และกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส จากการพิจารณาข้อมูลของนักเรียนในกลุ่มนี้ พบว่าจำนวนนักเรียนที่เพิ่มขึ้นในกลุ่มนี้มาจากนักเรียนที่ก่อนเรียนอยู่ในกลุ่มไม่มีแนวคิด (NR) หรือมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) หรือมีแนวคิดไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) อย่างไรก็ตามพบว่า นักเรียนยังคงมีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์แม้ได้เรียนรู้เรื่องดังกล่าวไปแล้ว สอดคล้องกับ Lewis et al. (2000) ที่ระบุว่าแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์เป็นแนวคิดที่ค่อนข้างยากและซับซ้อน ดังนั้นแม้จะผ่านการจัดการเรียนรู้ นักเรียนจำนวนมากก็ยังคงไม่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์ซึ่งพิคเนตร อุทัยไชย (2553) อธิบายว่าสาเหตุที่เป็นเช่นนี้อาจเพราะนักเรียนไม่มีความรู้พื้นฐานที่จำเป็นในการเรียนเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและไมโอซิส

นอกจากนี้เป็นที่น่าสังเกตว่าแม้หลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้แล้ว นักเรียนจำนวนมากยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) หรือแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และ

คลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) โดยเฉพาะในเรื่อง กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (26 คน) โครงสร้างดีเอ็นเอ (15 คน) กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (15 คน) หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (11 คน) จำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิต (10 คน) องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ (9 คน) และความสัมพันธ์ของยีน ดีเอ็นเอและโครโมโซม (7 คน) ตามลำดับ ส่วนเรื่องที่นักเรียนยังคงมีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วนจำนวนมาก ได้แก่ ลักษณะทางพันธุกรรม หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส (10คน) และหลักการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส (7 คน) ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับ Lewis et al. (2000) ที่พบว่านักเรียนยังมีแนวคิดคลาดเคลื่อนมากในเรื่องดังกล่าว

โดยแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องลักษณะทางพันธุกรรมที่พบในงานวิจัยนี้สอดคล้องกับ ทศนียา รัตนฤทัย และคณะ (2549) ที่พบว่า นักเรียนมีความสับสนว่าลักษณะใดบ้างที่พ่อแม่สามารถถ่ายทอดมาสู่ลูกได้ เช่น บางคนคิดว่าความสามารถในการอ่านหนังสือและเล่นกีฬาสามารถถ่ายทอดจากพ่อแม่มาสู่ลูก แสดงให้เห็นว่าการเรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์นั้นประสบการณ์เดิมหรือความรู้เดิมของนักเรียนมีผลต่อการเรียนรู้ สำหรับแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องโครโมโซมที่พบในงานวิจัยนี้สอดคล้องกับ ทศนียา รัตนฤทัยและคณะ (2549) ที่พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนว่าขนาดของโครโมโซมขึ้นอยู่กับขนาดของลักษณะที่ต้องการควบคุม สัตว์แต่ละชนิดจะมีชนิดของโครโมโซมที่แตกต่างกัน จำนวนโครโมโซมขึ้นอยู่กับขนาดของสัตว์ เช่น สัตว์ขนาดใหญ่มีโครโมโซมมากกว่าสัตว์ขนาดเล็ก สำหรับแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสและการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสที่พบในงานวิจัยนี้สอดคล้องกับ อุษา นาคทองและคณะ (2549) ที่พบว่า นักเรียนจะมีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับจำนวนโครโมโซม เช่น โครโมโซมภายหลังการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสจะเพิ่มขึ้นสองเท่า เพราะโครโมโซมแบ่งครึ่งเป็นโครมาทิดจะแตกออกเป็นโครโมโซม ขณะที่แนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสที่พบในงานวิจัยนี้ สอดคล้องกับ ศศิเทพ ปิติพรเทพิน (2555) ที่พบว่าถึงแม้จะผ่านการจัดการเรียนรู้มาแล้ว ยังมีนักเรียนบางส่วนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส โดยนักเรียนไม่สามารถระบุขั้นตอนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิสได้ นักเรียนเข้าใจเพียงว่าการแบ่งเซลล์เป็นการแบ่งในลักษณะทวีคูณ โดยเพิ่มจาก 1 เป็น 2 สำหรับในเรื่องดีเอ็นเอสอดคล้องกับ พิกเนตร อุทัยไชย (2554) ที่พบว่าถึงแม้จะผ่านการจัดการเรียนรู้มาแล้ว แต่นักเรียนบางส่วนยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับโครงสร้างของดีเอ็นเอ

โดยสาเหตุของการเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อน แม้จะผ่านการเรียนรู้มาแล้วอาจมิได้หลายสาเหตุดังนี้

1. ในการสร้างความสนใจและสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน ครูยังไม่ได้ใช้คำถามที่ กระชับและกระตุ้นความสนใจของนักเรียน หรือครอบคลุมแนวคิดที่ต้องการสอนและแนวคิด พื้นฐานที่จำเป็นในการเรียนแนวคิดใหม่ ซึ่งสอดคล้องกับ สุวัฒน์ นิยมคำ (2531) ที่กล่าวว่า สิ่งจำเป็นที่ทำให้เกิดแนวคิดคือ พื้นฐานความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมของนักเรียน และ สอดคล้องกับ พิศนเตร อุทัยไชย (2554) ที่ศึกษาแนวคิดเรื่องพันธุศาสตร์โมเลกุลของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และพบว่านักเรียนจำนวนมากยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อนแม้ผ่านการจัดการเรียนรู้มาแล้วซึ่งเกิดจากนักเรียนไม่มีแนวคิด พื้นฐานที่สำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงแนวคิดและสอดคล้องกับ อังคณา ปัทมพงศา (2555) ที่ศึกษา แนวคิดการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติวิทยาศาสตร์แบบชัดเจนและพบว่าการสอน แบบสืบเสาะหาความรู้มีการตรวจสอบความรู้เดิมและความรู้พื้นฐานของนักเรียนก่อนการจัดการ เรียนการสอนซึ่งช่วยให้ครูสามารถวางแผนการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนพัฒนาไปสู่แนวคิด วิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องได้ อีกทั้งสอดคล้องกับพอรินท์ พุกพูนชนพัฒน์ (2555) ที่กล่าวถึงวิธีการใช้ คำถามว่า นักเรียนจะตอบสนองต่อคำถามของครูได้ดีเมื่อครูมีสื่อประกอบการใช้คำถาม โดยครูอาจ ใช้รูปภาพหรือวีดิทัศน์สั้นๆ ประกอบการใช้คำถามกระตุ้นความสนใจของนักเรียน

2. ในขั้นสำรวจและค้นหา ในบางแนวคิด การอภิปรายก่อนการทำกิจกรรมทั้งในส่วน ของวัตถุประสงค์การทำกิจกรรม วิธีการทำกิจกรรม ไม่มีความชัดเจนเพียงพอ ทำให้นักเรียนมีความ สับสนในการทำกิจกรรม ซึ่งสอดคล้องกับ วรณดี จันทรวงศ์ (2547) ที่ทำการศึกษาแนวคิดเรื่อง สารประกอบไฮโดรคาร์บอน จากผลการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับ นักเรียนพยาบาลชั้นปีที่ 1 พบว่าการที่ครูต้องเน้นการอภิปรายวิธีทำกิจกรรม เพื่อลดพฤติกรรมของ ผู้เรียนที่ให้ผู้สอนบอกความรู้ บอกวิธีการทดลอง บอกผลการทดลองและรอการสรุปผลจากผู้อื่น

3. ในบางแนวคิด กิจกรรมที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอน ค่อนข้างยืดเยื้อ ทำให้นักเรียนรู้สึกเบื่อหน่าย ไม่สนใจทำกิจกรรม สอดคล้องกับแนวคิดที่ว่าจัดการเรียนรู้ที่สามารถ พัฒนาให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้นั้น ต้องเป็นกิจกรรมที่มีการ

กระตุ้นความสนใจของผู้เรียนให้อยากมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ (สาขาชีววิทยา ศสวท., 2552; Schwartz *et al.*, 2004) อีกทั้งกิจกรรมควรเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองสอดคล้องกับ ขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์ (2553) ที่กล่าวว่าลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้จะต้องเป็น กิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง สนับสนุนให้นักเรียนได้ใช้ทักษะในการคิด สืบสวนตรวจสอบและค้นหาคำตอบในประเด็นที่สงสัย ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนเข้าใจความหมายของ สิ่งที่ได้เรียนรู้มากยิ่งขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของรัชชนก โท่งกมล (2554) ที่พบว่า การที่ นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการจัดการเรียนการสอนและได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เป็นการเสริมสร้าง ความรู้ความสามารถทางการจัดการเรียนรู้แนวคิดในวิชาวิทยาศาสตร์

4. ในบางแนวคิดพบว่าระยะเวลาในการจัดกิจกรรมมีไม่เพียงพอ จึงส่งผลให้ขาดการ อภิปรายเปรียบเทียบประสบการณ์ใหม่กับความรู้เดิม ซึ่งการเปรียบเทียบประสบการณ์ใหม่กับ ความรู้เดิมจะช่วยให้เกิดการเรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์มากขึ้น โดยผู้สอนอาจชี้ ให้นักเรียนเห็นความรู้เดิมของตนเองก่อนแล้วจึงแสดงให้นักเรียนเห็นหลักฐานจากการปฏิบัติ กิจกรรมเพื่อเชื่อมโยงไปสู่ความรู้ใหม่ ซึ่งการทำเช่นนี้จะช่วยให้นักเรียนได้จัดระบบความคิด แล้ว นำไปสรุปเกิดเป็นความรู้ใหม่ ทำให้นักเรียนเกิดแนวคิดวิทยาศาสตร์ (พวงเพชร เกตุวีระพงศ์, 2552) ประกอบกับในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้จำเป็นต้องใช้เวลามากกว่าการสอนแบบ บรรยายเนื่องจากต้องการให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติและใช้ความคิด ดังนั้นในบางกิจกรรมนักเรียน จึงไม่สามารถทำกิจกรรมได้ตามเวลาที่กำหนด ส่งผลให้มีเวลาในการอภิปรายผลการทำกิจกรรม ร่วมกันน้อย จึงอาจส่งผลต่อการเรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน (ภพ เลหาไพบุลย์, 2534)

5. เวลาในการจัดกิจกรรมไม่ต่อเนื่อง เนื่องจากโรงเรียนที่ทำการวิจัยมีกิจกรรมเสริม หลักสูตรบ่อยครั้งและการจัดคาบเรียนในการเรียนบางแนวคิดเป็นคาบเดียว ทำให้กิจกรรมขาด ความต่อเนื่อง นักเรียนจึงขาดการเชื่อมโยงความรู้ในการเรียนแต่ละครั้ง

6. ในการวัดแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนนั้น ผู้วิจัยใช้แบบวัดแนวคิดแบบปลายเปิด ที่ให้นักเรียนเขียนอธิบาย ซึ่งอาจทำให้นักเรียนบางคนที่ไม่ถนัดในการเขียนตอบไม่สามารถตอบ คำถามได้ครอบคลุม ซึ่งสอดคล้องกับพงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ (2551) ที่เสนอว่าควรใช้วิธีการ ที่หลากหลายในการวัดความเข้าใจของนักเรียน เช่น การใช้คำถาม การอภิปราย การรายงานหน้าชั้น เรียน

การอภิปรายผลการวิจัยของคำถามวิจัยข้อที่ 2

1. ขั้นสร้างความสนใจ

จากผลการวิจัยพบว่าในขั้นสร้างความสนใจ **แนวทางที่ 1** การใช้คำถามในการสำรวจความรู้เดิมควรมีความกระชับ เรียงลำดับจากง่ายไปยากครอบคลุมแนวคิดที่ต้องการสอนและแนวคิดพื้นฐานที่จำเป็นในการเรียนแนวคิดใหม่ ข้อสรุปที่ได้นี้สอดคล้องกับ สุวัฒน์ นิยมคำ (2531) ที่กล่าวว่าสิ่งจำเป็นที่ทำให้เกิดแนวคิดคือ พื้นฐานความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมของนักเรียน และสอดคล้องกับ พิศนเตร อุทัยไชย (2554) ที่ศึกษาแนวคิดเรื่องพันธุศาสตร์โมเลกุลของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และพบว่านักเรียนจำนวนมากยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อนแม้ผ่านการจัดการเรียนรู้มาแล้วซึ่งเกิดจากนักเรียนไม่มีแนวคิดพื้นฐานที่สำคัญต่อการเปลี่ยนแปลงแนวคิดและสอดคล้องกับ อังคนา ปัทมพงศา (2555) ที่ศึกษาแนวคิดการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติวิทยาศาสตร์แบบชัดเจนและพบว่าการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีการตรวจสอบความรู้เดิมและความรู้พื้นฐานของนักเรียนก่อนการจัดการเรียนการสอนซึ่งช่วยให้ครูสามารถวางแผนการจัดการเรียนรู้ที่ช่วยให้นักเรียนพัฒนาไปสู่แนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องได้ **แนวทางที่ 2** การใช้สื่อร่วมกับคำถามจะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิด ความสนใจ โดยครูอาจใช้ภาพหรือวิดีโอที่เกี่ยวกับบทเรียนฉายให้นักเรียนดูสั้นๆ แล้วใช้คำถามร่วมอภิปรายกับนักเรียน ซึ่งนักเรียนจะให้ความร่วมมือในการตอบคำถามมากขึ้น ซึ่ง ผลการวิจัยนี้สอดคล้องกับ พอรินทร์ พุกพูนชนพัฒน์ (2555) ที่กล่าวถึงวิธีการใช้คำถามว่า นักเรียน จะตอบสนองต่อคำถามของครูได้ดีเมื่อครูมีสื่อประกอบการใช้คำถาม โดยครูอาจใช้รูปภาพหรือวิดีโอ สั้นๆ ประกอบการใช้คำถามกระตุ้นความสนใจของนักเรียน **แนวทางที่ 3** สื่อการสอนควร สอดคล้องกับเรื่องที่สอนและไม่ก่อให้เกิดแนวคิดคลาดเคลื่อน ไม่ว่าจะเป็นภาพ แบบจำลองหรือวิดีโอ ซึ่งสอดคล้องกับ ชื่นจิตร แสนสุด (2553) ที่ศึกษาแนวคิด ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อการเรียนเรื่องพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้การสืบเสาะหา ความรู้และพบว่าการนำสื่อการสอนมาใช้ในการสอนแนวคิดที่เป็นนามธรรมและยากต่อความ เข้าใจนั้นจะช่วยให้ผู้เรียนเข้าใจแนวคิดได้ง่ายขึ้นในระยะเวลาอันสั้น

2. ขั้นสำรวจและค้นหา

จากผลการวิจัยพบว่าในขั้นสำรวจและค้นหา **แนวทางที่ 1** การอภิปรายกับนักเรียนก่อนทำกิจกรรมจะช่วยให้เกิดความเข้าใจตรงกันเกี่ยวกับกิจกรรม ทั้งในส่วนของวัตถุประสงค์การทำกิจกรรม วิธีทำกิจกรรม การบันทึกผล เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถทำกิจกรรมได้บรรลุตามวัตถุประสงค์สอดคล้องกับ วรรณดี จันทรวงศ์ (2547) ที่ทำการศึกษาแนวคิดเรื่อง สารประกอบไฮโดรคาร์บอน จากผลการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองกับนักเรียนพยาบาลชั้นปีที่ 1 พบว่าการที่ครูต้องเน้นการอภิปรายวิธีทำกิจกรรม เพื่อลดพฤติกรรมของผู้เรียนที่ให้ผู้สอนบอกความรู้ บอกวิธีการทดลอง บอกผลการทดลองและรอการสรุปผลจากผู้อื่น **แนวทางที่ 2** กิจกรรมที่ใช้ควรมีความกระชับและน่าสนใจ เพราะหากกิจกรรมใช้เวลานานและขาดความน่าสนใจจะทำให้ให้นักเรียนรู้สึกเบื่อหน่าย ไม่สนใจทำกิจกรรม สอดคล้องกับแนวคิดที่ว่า การจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนาให้นักเรียนประสบความสำเร็จในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้นั้น ต้องเป็นกิจกรรมที่มีการกระตุ้นความสนใจของผู้เรียนให้อยากมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ (สาขาชีววิทยาศาสตร์., 2552; Schwartz *et al.*, 2004) **แนวทางที่ 3** กิจกรรมที่ใช้ควรมีความหลากหลายและไม่ซ้ำซาก กิจกรรมควรเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเองสอดคล้องกับ ขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์ (2553) ที่กล่าวว่าลักษณะการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นั้นจะต้องเป็นกิจกรรมที่เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง สนับสนุนให้นักเรียนได้ใช้ทักษะในการคิด สำรวจตรวจสอบ และค้นหาคำตอบในประเด็นที่สงสัย ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนเข้าใจความหมายของสิ่งที่ตนได้เรียนรู้มากยิ่งขึ้น เช่นเดียวกับงานวิจัยของธัญชนก โหม่งกุดหลด (2554) ที่พบว่า การที่นักเรียนได้มีส่วนร่วมในการจัดการเรียนการสอนและได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง เป็นการเสริมสร้างความรู้ความสามารถทางการจัดการเรียนรู้แนวคิดในวิชาวิทยาศาสตร์ **แนวทางที่ 4** คำถามของนักเรียนที่ถามซ้ำกันในหลายกลุ่มควรนำมาอภิปรายร่วมกันทั้งห้องแทนการตอบรายกลุ่มหรือรายบุคคล ซึ่งจะช่วยกระชับเวลาในการสอนและไม่ทำให้นักเรียนที่ทราบคำตอบแล้วเกิดความเบื่อหน่ายและบางคำถามครูควรกระตุ้นให้นักเรียนช่วยกันหาคำตอบมากกว่าการที่ครูเป็นผู้บอกคำตอบ สอดคล้องกับ ปรียา นพคุณ (2549) ในแง่ที่ว่ากิจกรรมการเรียนรู้ต้องกระตุ้นให้นักเรียนพยายามช่วยเหลือตนเองและลงมือทำด้วยตนเองก่อนขอความช่วยเหลือจากผู้อื่น

3. ข้อเสนอแนะและลงข้อสรุป

ผลการวิจัยพบว่าในข้อเสนอแนะและลงข้อสรุป **แนวทางที่ 1** การนำเสนอผลการทำกิจกรรมการเลือกกลุ่มที่มีผลการทำกิจกรรมน่าสนใจและสามารถเป็นตัวแทนห้องได้ ซึ่งการทำเช่นนี้จะช่วยลดเวลาในกิจกรรมนำเสนอและปัญหาที่นักเรียนไม่ตั้งใจฟังการนำเสนอเนื่องจากเพื่อนรายงานผลซ้ำๆกันซึ่งสอดคล้องกับ พวงเพชร เกตุวิระพงศ์ (2552) ที่ศึกษาการจัดการเรียนการสอนแบบ สืบเสาะหาความรู้ในวิชาเคมีพื้นฐานกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และพบว่าทำให้ นักเรียนเสนอผลของกิจกรรมหน้าชั้นเรียนทุกกลุ่มใช้เวลานาน จึงควรเลือกตัวแทนกลุ่มเพียง 2 กลุ่มออกมานำเสนอหน้าชั้นเรียน เพื่อช่วย เพื่อลดเวลาในการอภิปรายผลของกิจกรรม **แนวทาง ที่ 2** การสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ควรสนับสนุนให้นักเรียนเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองมิใช่เพื่อหวังแรงเสริมภายนอก ซึ่งสอดคล้องกับ รังสรรค์ โหมยา (2548) ที่กล่าวว่าความต้องการในการพัฒนาตนเองหรือพฤติกรรมของบุคคลที่สืบเนื่องมาจากความสนใจภายใน จะทำให้นักช่ลเกิดการเรียนรู้ได้อย่างยั่งยืนดังนั้นในการสอนครูจึงควรสนับสนุนให้นักเรียนมีโอกาสนั่นคว้าสำรวจและทดลองความสามารถของตนเอง โดยจัดสิ่งแวดล้อมของห้องเรียนหรือจัดประสบการณ์ที่ทำให้เกิดความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียน **แนวทางที่ 3** นักเรียนควร ได้ฝึกการนำเสนองานหน้าชั้นเรียนอย่างสม่ำเสมอ เพราะการนำเสนอผลงานของนักเรียนหน้าชั้นเรียนและอภิปรายร่วมกัน จะช่วยสร้างความมั่นใจและนำไปสู่การปรับเปลี่ยนแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ สอดคล้องกับ ธัญชนก โหนองกมล (2554) ที่เสนอแนะว่า ครูควรให้นักเรียนแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันเพื่อ ประเมินผลแนวคิดของตนเองกับผู้อื่นซึ่งจะช่วยให้เรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพมากขึ้นเช่นเดียวกับ ทิศนา ขมมณี (2547) ที่กล่าวว่าผู้สอนมีส่วนช่วยในการพัฒนาทักษะที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในการศึกษาวิเคราะห์และสรุปข้อมูลหรือสร้างความรู้ที่มีความหมายต่อตัวผู้เรียน เช่น การนำเสนอข้อมูล อภิปรายและโต้แย้งเชิงวิชาการ

4. ขันขยายความรู้

ผลการวิจัยพบว่าในขันขยายความรู้ **แนวทางที่ 1** เปิดโอกาสให้นักเรียนเปรียบเทียบความรู้ใหม่กับความรู้เดิม โดยครูควรชี้ให้นักเรียนเห็นความรู้เดิมของตนเองก่อนแล้วจึงแสดงให้นักเรียนเห็นหลักฐานจากการปฏิบัติกิจกรรมเพื่อเชื่อมโยงไปสู่ความรู้ใหม่เพื่อนำไปสู่การเรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์มากขึ้น สอดคล้องกับ พวงเพชร เกตุวิระพงศ์ (2552) ที่ศึกษาการจัด

การเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ในวิชาเคมีพื้นฐานกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 และพบว่านักเรียนมีการจัดระบบและพิจารณาข้อมูล แล้วนำไปสรุปเกิดเป็นความรู้ใหม่ทำให้นักเรียนเกิดแนวคิดวิทยาศาสตร์อยู่ในคุณภาพดี **แนวทางที่ 2** การใช้คำถามร่วมกับเทคนิคอื่นช่วยนักเรียนในการสรุปแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้ การที่ครูใช้คำถามในการอภิปรายเพื่อให้นักเรียนสรุปแนวคิดที่ได้เรียนรู้เพียงอย่างเดียว นักเรียนอาจไม่สามารถสรุปแนวคิดได้หรือสรุปแนวคิดไม่ครอบคลุม ดังนั้น ครูควรมีเทคนิคอื่นเพื่อช่วยนักเรียนในการสรุปแนวคิดที่ได้เรียนรู้สอดคล้องกับ อรจิต ภูแพ (2541) ที่กล่าวว่าวิธีการสรุปบทเรียน ผู้สอนควรปรับให้เหมาะสมกับสถานการณ์ อาจให้นักเรียนสรุปเอง เช่นการใช้คำถามและสื่อ นำเพื่อกระตุ้นให้ระลึกสิ่งที่เรียน เป็นต้น

5. ขั้นประเมิน

ผลการวิจัยพบว่าในขั้นประเมิน **แนวทางที่ 1** วิธีการวัดที่หลากหลายจะช่วยให้ตรวจสอบความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ เนื่องจากนักเรียนแต่ละคนมีความแตกต่างกันในการนำเสนอสิ่งที่เรียนรู้สอดคล้องกับ พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ (2551) ที่เสนอว่าครูควรใช้วิธีการที่หลากหลายในการวัดความเข้าใจของนักเรียน เช่น การใช้คำถาม การอภิปราย การรายงานหน้าชั้นเรียน **แนวทางที่ 2** การวัดแนวคิดของนักเรียนก่อนสอนแนวคิดใหม่ช่วยป้องกันการเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนได้ สอดคล้องกับ ทศนียา รัตนฤทัย และคณะ (2549) ที่เสนอว่านอกจากการวัดแนวคิดของนักเรียนก่อนสอนจะมีความสำคัญในการวางแผนการจัดการเรียนการสอนที่เหมาะสมแล้ว การวัดแนวคิดของนักเรียนหลังเรียนในแต่ละแนวคิดก็มีความสำคัญเช่นกัน เพื่อป้องกันไม่ให้นักเรียนนำแนวคิดคลาดเคลื่อนในเรื่องก่อนหน้ามาเชื่อมโยงกับแนวคิดใหม่ที่จะเรียนต่อไป

บทที่ 5

สรุปผลการวิจัยและข้อเสนอแนะ

งานวิจัยกึ่งทดลองนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อ 1) พัฒนาแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยใช้การเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และ 2) เพื่อค้นหาเทคนิคในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ช่วยพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในเรื่องการดังกล่าว

สรุปวิธีการดำเนินการวิจัย

1. คำถามวิจัย

- 1) นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมอย่างไรก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
- 2) วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีเทคนิคอย่างไร ที่ช่วยพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

2. สถานที่ดำเนินการวิจัย

โรงเรียนมัธยมศึกษาขนาดใหญ่พิเศษแห่งหนึ่ง เป็นโรงเรียนสหศึกษามีนักเรียนชายหญิง ประมาณ 1,900 คนสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษาเขต 2

3. กลุ่มที่ศึกษา

กลุ่มที่ศึกษาในงานวิจัยนี้ คือ นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 แผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ จำนวน 1 ห้องเรียน ที่เรียนรายวิชาชีววิทยา ในภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2556 โรงเรียนระดับมัธยมศึกษาแห่งหนึ่งในจังหวัดกรุงเทพมหานคร สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษา มัธยมศึกษาเขต 2

4. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยนี้เป็นการวิจัยแบบ One Group Pretest Posttest Design (Creswell, 2009) โดยผู้วิจัยและครูผู้ร่วมวิจัยศึกษาการพัฒนาแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และศึกษาลักษณะการสอนดังกล่าวที่ช่วยให้นักเรียนพัฒนาแนวคิด โดยทำการวิจัยกับนักเรียนจำนวน 1 ห้อง จำนวน 35 คน ทำการวัดแนวคิดของนักเรียนก่อนและหลังเรียนเพื่อศึกษาพัฒนาการแนวคิดของนักเรียน และทำการอภิปรายร่วมกับครูผู้ร่วมวิจัย (ผู้สอน) หลังเสร็จสิ้นการจัดการเรียนการสอนในแต่ละแนวคิดเพื่อค้นหาเทคนิคการสอนที่ดีที่ช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้แนวคิดวิทยาศาสตร์

5. แผนการจัดการเรียนรู้ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย การเก็บรวบรวมข้อมูลและการวิเคราะห์ข้อมูล

5.1 แผนการจัดการเรียนรู้

ในการพัฒนาแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียน ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมวิจัยใช้แผนการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) (สสวท., 2546) จำนวนทั้งสิ้น 5 แผน ครอบคลุม 5 แนวคิดหลัก คือ 1) ลักษณะทางพันธุกรรม 2) โครโมโซม 3) การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส 4) การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส และ 5) โครงสร้างเอและองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ โดยใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้รวมทั้งสิ้น 12 คาบเรียน คาบเรียนละ 50 นาที

5.2 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1

เครื่องมือที่ใช้ในการวัดแนวคิดของนักเรียนก่อนและหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ คือ แบบวัดแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ซึ่งครอบคลุม 5 แนวคิดหลัก คือ 1) ลักษณะทางพันธุกรรม 2) โครโมโซม 3) การแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส 4) การแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส และ 5) โครงสร้างและองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอซึ่งข้อคำถามในแบบวัดมีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิดจำลองสถานการณ์ จำนวน 5 ฉบับ จำนวน 10 ข้อ โดยในแต่ละฉบับวัดแนวคิดหลัก 1 แนวคิด โดยดัดแปลงมาจากแบบวัดแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ของพอรินท์ พุกพูนธนพัฒน์ (2555) จำนวน 1 ข้อ และแบบวัดแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์สำหรับนักเรียนเตรียมทหารของจิตตินันท์ สาตะนิมิ (2550) จำนวน 2 ข้อ และผู้วิจัยสร้างขึ้นเองจำนวน 7 ข้อ

5.3 การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1

ผู้วิจัยเก็บข้อมูลโดยนำแบบวัดแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมไปวัดแนวคิดของนักเรียนก่อนเรียน จากนั้นทำการวัดแนวคิดของนักเรียนหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ด้วยแบบวัดแนวคิดชุดเดิม โดยแบ่งการวัดออกเป็น 5 ครั้ง ก่อนและหลังการสอนในแต่ละแผน ซึ่งผู้วิจัยเตรียมความพร้อมก่อนการใช้แบบวัดแนวคิดแต่ละฉบับโดยทำข้อตกลงกับนักเรียนเกี่ยวกับเวลาที่ใช้ในการทำแบบวัดแนวคิดชี้แจงวัตถุประสงค์ของการวัดแนวคิดชี้แจงให้นักเรียนเห็นถึงความสำคัญของการทำแบบวัด และสร้างความไว้วางใจแก่นักเรียนว่าจะไม่มีการเปิดเผยข้อมูลของนักเรียน เพื่อให้ให้นักเรียนตอบแบบวัดแนวคิดอย่างเต็มความสามารถ เมื่อนักเรียนทำแบบวัดแนวคิดเสร็จแล้ว ผู้วิจัยตรวจสอบความครบถ้วนของข้อมูลในการตอบแบบวัดแนวคิดของนักเรียนอีกครั้ง จากนั้นกล่าวขอขอบคุณนักเรียนด้วยความจริงใจ โดยรายละเอียดของการเก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดแนวคิดแต่ละฉบับแสดงในตารางที่ 3.3 บทที่ 3

5.4 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 1

ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมวิจัยนำคำตอบที่ได้จากการเก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบวัดแนวคิด เรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ก่อน และหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ทั้ง 5 ฉบับ มาวิเคราะห์คำตอบเป็นรายข้อ โดยอ่านคำตอบของนักเรียนทุกคนทีละข้ออย่างละเอียดแล้วตีความคำตอบและจัดกลุ่มแนวคิด โดยปรับปรุงจากกรอบแนวคิดของอาทิตยา จิตรเอื้อเพื่อ (2553) ที่ปรับปรุงมาจาก Haidar (1997) ซึ่งแบ่งแนวคิดออกเป็น 5 กลุ่มคือ แนวคิดวิทยาศาสตร์ (Scientific Conception: SC) หมายถึง คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องสมบูรณ์สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ที่ยอมรับโดยทั่วไป แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (Partial Conception: PC) หมายถึง คำตอบที่อย่างน้อยหนึ่งองค์ประกอบเป็นไปตามแนววิทยาศาสตร์ ส่วนองค์ประกอบอื่นๆ ไม่กล่าวถึง แนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial Conception and Complete Misconception: PC&CM) หมายถึง คำตอบที่อย่างน้อยหนึ่งองค์ประกอบเป็นไปตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ แต่มีบางองค์ประกอบไม่ถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ แนวคิดคลาดเคลื่อน (Complete Misconception: CM)) หมายถึง คำตอบที่อธิบายเกี่ยวข้องกับเรื่องที่ถามแต่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ และไม่มีแนวคิด (No Response: NR) หมายถึง คำตอบที่ไม่เกี่ยวข้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่ถาม หรือตอบว่าไม่ทราบ ไม่รู้หรือไม่ตอบคำถาม จากนั้นทำการคำนวณค่าความถี่และร้อยละของนักเรียนในแต่ละกลุ่ม

5.5 เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2

เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2 ประกอบด้วย บันทึกการสังเกตการสอนของผู้วิจัย การอภิปรายร่วมกับครูผู้ร่วมวิจัย และวิดีโอทัศน์การสอน

5.6 การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2

ก่อนจัดการเรียนการสอนในแต่ละครั้ง ผู้วิจัยเตรียมกล้องถ่ายวิดีโอทัศน์ และอุปกรณ์ที่เกี่ยวข้องให้พร้อมเพื่อบันทึกการจัดการเรียนการสอนของครูผู้ร่วมวิจัยตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ออกแบบร่วมกัน ในระหว่างการสอนผู้วิจัยนั่งอยู่หลังห้องเรียนเพื่อสังเกต

การสอนและจดบันทึกการสังเกตการสอนตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในประเด็นกิจกรรมที่ปฏิบัติ ผลของกิจกรรม และแนวทางแก้ไข หลังทำการสอนเสร็จสิ้นผู้วิจัยและครูผู้ร่วมวิจัยอภิปรายร่วมกันเกี่ยวกับปัญหาที่เกิดขึ้นในการจัดการเรียนการสอนแต่ละแผน จากนั้นผู้วิจัยนำวิธีทัศน์การสอนของครูผู้ร่วมวิจัยกลับมาย้อนดูอีกครั้งและบันทึกเพิ่มเติม

5.7 การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อตอบคำถามวิจัยข้อที่ 2

ผู้วิจัยทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากบันทึกการสังเกตการปฏิบัติการสอนของผู้วิจัย การอภิปรายร่วมกับครูผู้ร่วมวิจัย และวิธีทัศน์การสอน โดยใช้วิธีการวิเคราะห์ข้อมูลแบบอุปนัย (Inductive Analysis) (Merriam, 1998) โดยทำการวิเคราะห์ข้อมูลที่ได้จากการสอนตามแผนการจัดการเรียนรู้ที่เสนอแนะก่อน จากนั้นจึงนำข้อความรู้ที่ได้จากแต่ละแผนมาวิเคราะห์ร่วมกันเพื่อสรุปเป็นข้อความรู้ที่ได้จากแผนทั้งหมดอีกครั้ง

สรุปผลการวิจัย

จากการวิจัยเพื่อพัฒนาแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ สรุปผลการวิจัยได้ดังนี้

1. นักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีแนวคิดเรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมอย่างไรก่อนและหลังการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

จากการวิเคราะห์ข้อมูลจากแบบวัดแนวคิดพบว่า หลังเรียนนักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ (SC) เพิ่มขึ้นกว่าก่อนเรียนในทุกแนวคิด โดยเฉพาะในแนวคิดเรื่องจำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม และองค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ ตามลำดับ ขณะที่จำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์ (PC) มีจำนวนเพิ่มมากขึ้นในหลายแนวคิดเช่นกัน ได้แก่ กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ และกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ตามลำดับ นอกจากนี้พบว่าจำนวนนักเรียนที่ไม่มีแนวคิด (NR) มีจำนวนลดลงในทุกแนวคิด ยกเว้นแนวคิดเรื่องหลักการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

อย่างไรก็ตามเป็นที่น่าสังเกตว่าแม้หลังเรียนยังพบว่ามึนักเรียนจำนวนมากที่ยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อน (CM) หรือแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วน (PC&CM) โดยเรื่องที่นักเรียนยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อนอยู่มาก ได้แก่ กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส โครงสร้างดีเอ็นเอ กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส จำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิต องค์ประกอบทางเคมีของดีเอ็นเอ และความสัมพันธ์ของยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม ตามลำดับ ส่วนเรื่องที่นักเรียนยังคงมีแนวคิดวิทยาศาสตร์แบบไม่สมบูรณ์และคลาดเคลื่อนบางส่วนจำนวนมาก ได้แก่ ลักษณะทางพันธุกรรม หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส และหลักการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส ตามลำดับ

2. วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีเทคนิคอย่างไร ที่ช่วยพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องการแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

จากผลการวิจัยจำแนกตามขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ที่ประกอบด้วย

- 1) ขั้นเร้าความสนใจ 2) ขั้นสำรวจและค้นหา 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป 4) ขั้นขยายความรู้ และ 5) ขั้นประเมิน

1. ขั้นเร้าความสนใจ

ควรมีแนวทางดังนี้

1. การใช้คำถามในการสำรวจความรู้เดิมควรมีความให้กระชับ เรียงลำดับจากง่ายไปยากครอบคลุมแนวคิดที่ต้องการสอน รวมทั้งแนวคิดพื้นฐานที่จำเป็นการเรียนแนวคิดใหม่
2. การใช้สื่อร่วมกับคำถามจะช่วยกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจ
3. สื่อการสอนควรสอดคล้องกับเรื่องที่สอนและไม่ก่อให้เกิดแนวคิดคลาดเคลื่อน

2. ขั้นสำรวจและค้นหา

ควรมีแนวทางดังนี้

1. ควรมีการอภิปรายกับผู้เรียนก่อนทำกิจกรรมเพื่อให้เกิดความเข้าใจตรงกันเกี่ยวกับกิจกรรม ทั้งในส่วนของวัตถุประสงค์การทำกิจกรรม วิธีทำกิจกรรม การบันทึกผล เพื่อช่วยให้นักเรียนสามารถทำกิจกรรมได้บรรลุตามวัตถุประสงค์
2. กิจกรรมที่ใช้ควรมีความกระชับและน่าสนใจ
3. กิจกรรมที่ใช้ควรมีความหลากหลายไม่ซ้ำซาก กิจกรรมควรเน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง
4. คำถามของนักเรียนที่ถามซ้ำกันในหลายกลุ่มควรนำมาอภิปรายร่วมกันทั้งห้อง แทนการตอบรายกลุ่มหรือรายบุคคล

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

ควรมีแนวทางดังนี้

1. การนำเสนอผลการทำกิจกรรมควรเลือกกลุ่มที่มีผลการทำกิจกรรมน่าสนใจและสามารถเป็นตัวแทนห้อง ซึ่งการทำเช่นนี้จะช่วยลดเวลาในกิจกรรมนำเสนอและปัญหาที่นักเรียนไม่ตั้งใจฟังการนำเสนอ
2. การสร้างบรรยากาศในการเรียนรู้ควรสนับสนุนให้นักเรียนเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเองมิใช่เพื่อหวังแรงเสริมภายนอก

3. นักเรียนควรได้ฝึกการนำเสนองานหน้าชั้นเรียนอย่างสม่ำเสมอ เพราะการนำเสนอผลงานของนักเรียนหน้าชั้นเรียนและอภิปรายร่วมกัน จะช่วยสร้างความมั่นใจและนำไปสู่การปรับเปลี่ยนแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

4. ขยายความรู้

ควรมีแนวทางดังนี้

1. ควรเปิดโอกาสให้นักเรียนเปรียบเทียบความรู้ใหม่กับความรู้เดิม
2. ควรมีคำถามร่วมกับเทคนิคอื่นช่วยนักเรียนในการสรุปแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ได้

5. ประเมิน

ควรมีแนวทางดังนี้

1. วิธีการวัดที่หลากหลายจะช่วยตรวจสอบความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เนื่องจากนักเรียนแต่ละคนมีความแตกต่างกันในการนำเสนอสิ่งที่เรียนรู้
2. การวัดแนวคิดของนักเรียนก่อนจะสอนแนวคิดใหม่ ช่วยป้องกันการเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะที่ได้จากการวิจัย

1.1 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ครูควรเลือกใช้สื่อการสอนให้สอดคล้องกับเรื่องที่จะสอนและไม่ก่อให้เกิดแนวคิดคลาดเคลื่อน ไม่ว่าจะเป็นภาพ แบบจำลองหรือวีดิทัศน์ มีการใช้กิจกรรมที่กระชับ น่าสนใจและมีความหลากหลาย เน้นให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติกิจกรรมต่างๆ

ด้วยตนเอง อีกทั้งควรจัดบรรยากาศในการเรียนรู้ที่สนับสนุนให้นักเรียนเรียนรู้เพื่อพัฒนาตนเอง มิใช่เพื่อหวังแรงเสริมภายนอก ซึ่งจะช่วยให้การเรียนรู้อย่างยั่งยืน

1.2 เนื่องด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้จำเป็นต้องใช้เวลาในการจัดการเรียนรู้ แหล่งเรียนรู้และสื่อการสอนที่หลากหลาย ครูผู้สอนควรเตรียมพร้อมในทุกด้าน โดยเฉพาะการจัดการเรื่องเวลาให้เหมาะสมและสามารถจัดการเรียนรู้ได้อย่างต่อเนื่อง

1.3 การวัดและประเมินผลแนวคิดของนักเรียน ควรใช้วิธีการที่หลากหลาย เช่น การทำแบบวัด การใช้คำถาม การนำเสนอหน้าชั้นเรียน เป็นต้น เพราะนักเรียนแต่ละคนจะมีความถนัดในการสื่อสารความคิดที่แตกต่างกัน

1.4 การวัดแนวคิดของนักเรียนหลังเรียนในแต่ละแนวคิดเพื่อตรวจสอบความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์ของนักเรียนก่อนที่จะสอนแนวคิดใหม่เพื่อแก้ปัญหาการนำแนวคิดคลาดเคลื่อนในอีกแนวคิดหนึ่งมาเชื่อมโยงสู่แนวคิดใหม่ที่ครูจะสอน

1.5 แนวคิดบางแนวคิดเป็นแนวคิดที่ยาก มีลักษณะเป็นกระบวนการและมีความซับซ้อน จึงทำให้มีจำนวนนักเรียนที่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนอยู่มาก เช่น แนวคิดเรื่อง กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส เป็นแนวคิดที่นักเรียนมีการพัฒนาได้น้อย นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนเกี่ยวกับกระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส โดยนักเรียนสามารถอธิบายได้เพียงว่ากระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิสจะมีการแบ่งในลักษณะทวิคูณ โดยแบ่งจากหนึ่งเซลล์เป็นสอง แต่ไม่สามารถบอกชื่อระยะและอธิบายเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในแต่ละระยะได้ ดังนั้นจึงควรมีกิจกรรมการสอน สื่อการสอน ที่ช่วยให้นักเรียนเกิดความเข้าใจแนวคิดที่เป็นและขณะจัดกิจกรรมควรเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เปรียบเทียบความรู้ใหม่กับความรู้เดิม เพื่อช่วยนักเรียนในกระบวนการสร้างองค์ความรู้

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้ทำวิจัยร่วมกับครูผู้ร่วมวิจัย ซึ่งการทำเช่นนี้ช่วยให้ทั้งตัวผู้วิจัยและครูผู้ร่วมวิจัยได้มุมมองที่หลากหลายในการปรับการสอนให้ดีขึ้น ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไป

ครูผู้สอนในรายวิชาเดียวกันควรรวมกลุ่มกันเพื่อสังเกตการสอนของกันและกัน และหลังจากการสอนควรทำการอภิปรายร่วมกันถึงความสำเร็จ ปัญหาอุปสรรค รวมทั้งแนวทางปรับปรุงการสอนในอนาคตให้ดียิ่งขึ้น และการวิเคราะห์การสอนของตนเองควรกระทำในเชิงลึก เช่น ในงานวิจัยนี้ที่ทำการวิเคราะห์จุดแข็งและจุดอ่อนในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ทำให้ได้ข้อมูลเชิงลึกในการปรับปรุงการสอน อีกทั้งควรนำข้อมูลจากนักเรียนมาใช้ประกอบการพิจารณาปรับปรุงการสอนจะช่วยเพิ่มโอกาสให้การสอนประสบความสำเร็จบรรลุตามจุดประสงค์การเรียนรู้มากยิ่งขึ้น ดังที่งานวิจัยนี้มีการบันทึกวิทัศน์การสอนและนำบทสนทนาระหว่างครูและนักเรียนที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนมาวิเคราะห์เพื่อหาข้อจำกัดของกิจกรรมการเรียนรู้ ซึ่งช่วยให้ผู้วิจัยและครูผู้ร่วมวิจัยมองเห็นแนวทางในการปรับปรุงการสอนได้ชัดเจนยิ่งขึ้น

2.2 การวิจัยในครั้งนี้ของผู้วิจัยกับครูผู้ร่วมวิจัยเป็นการวิจัยกึ่งทดลอง (One Group Pretest Posttest Design) ดังนั้นในการวิจัยครั้งต่อไปควรทำการวิจัยในรูปแบบของวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action Research) เพื่อให้ได้ข้อมูลเชิงลึกมากขึ้นเกี่ยวกับแนวคิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนเนื่องจากในบางแนวคิดนั้นถึงแม้จะผ่านการเรียนแล้ว นักเรียนจำนวนมากยังคงมีแนวคิดคลาดเคลื่อนอยู่

เอกสารและสิ่งอ้างอิง

ขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์. 2553. การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับระบบต่อมไร้ท่อและความเข้าใจธรรมชาติวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

คณะกรรมการการพัฒนการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์. 2525. ชุดการเรียนรู้การสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: ทบวงมหาวิทยาลัย.

จิตตินันท์ สาตะนิมิ. 2550. การสำรวจแนวคิดเกี่ยวกับพันธุศาสตร์ของนักเรียนเตรียมทหาร. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จันทร์ดา พิทักษ์สาลี. 2547. ผลของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ด้วยวัฏจักรสืบเสาะหาความรู้ที่ส่งเสริมทักษะการคิดวิจารณ์ญาณต่อความสามารถในการคิดวิจารณ์และความพึงพอใจต่อการจัดการเรียนรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยสงขลานครินทร์.

เฉลิม มลิตา. 2523. เทคนิควิธีการสอนประวัติศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: ไทยวัฒนาพานิช.

ชวลิต ชูคำแพง. 2550. การประเมินการเรียนรู้. มหาสารคาม: สำนักพิมพ์มหาสารคาม.

ชื่นจิตร สูดแสน. 2553. การพัฒนาแนวคิด ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อการเรียนการสอนพันธุกรรมของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

จิตติมา สุขภิมินตรี. 2531. **มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนในวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จังหวัดสุราษฎร์ธานี**. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ณัฐพงศ์ แดงเพชร. 2556. **การพัฒนาแนวคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องการรับรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิต ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน: การวิจัยเชิงปฏิบัติการ**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

ทัศนียา รัตนฤทัย, กัญจนา ชีระกุล และ นฤมล ยุตาคม. 2549. “แนวคิดพื้นฐานศาสตร์ของนักเรียนด้อยโอกาสช่วงชั้นที่ 4 ของประเทศไทย.”. วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาลังคมศาสตร์ 27 (2): 234-245.

ทิสนา แยมมณี. 2552. **ศาสตร์การสอนองค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ**. พิมพ์ครั้งที่ 7. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธัญชนก โหน่งกุดหลด. 2554. **ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์และความสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้นและการจัดการเรียนรู้โดยใช้สมองเป็นฐาน**. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการมัธยมศึกษา, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

เนตรดาว นุ่มเกลี้ยง. 2554. **การศึกษาแนวคิดและการคิดสร้างสรรค์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 เรื่องหน่วยของสิ่งมีชีวิตและการดำรงชีวิตของพืช ที่เรียนรู้จากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้**. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์. 2542. **เทคนิคการสร้างเครื่องมือรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัย**. พิมพ์ครั้งที่ 5. กรุงเทพมหานคร: บีแอนด์บี พับลิชชิง.

ปรีชา วงศ์ศิริ. 2525. เอกสารหน่วยการเรียนรู้การสอน “ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์”.

กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์ศาสนา.

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. 2534. จิตวิทยาการศึกษา. กรุงเทพมหานคร: ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.

ปรียา นพคุณ. 2545. การพัฒนารูปแบบกระบวนการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนวกา
สร้างองค์ความรู้ในระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสาธิตแห่ง
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์ดุสิตบัณฑิต สาขาหลักสูตรและการ
สอน, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พันธ์ ทองชุมนุม. 2547. การสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์
โอเดียนสโตร์.

พิมพ์พันธ์ เฉชะคุปต์. 2550. “วิธีสอนแบบสืบสอบและวิธีสอนแบบโครงงาน: ความเหมือนที่
แตกต่าง.” วารสารหลักสูตรและการสอน มหาวิทยาลัยขอนแก่น 1 () : 14-26.

พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ, พัฒนี จันทรโรทัย, กันทิมาณี พันธุ์วิเชียร และ วรรณทิพา รอดแรงคำ
2546. “การสำรวจแนวคิดเนื้อหาชีววิทยาของนิสิตนักศึกษาฝึกประสบการณ์วิชาชีพ.” วิทยา
สารเกษตรศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์ 24 (2): 133-144.

_____. 2551. เอกสารประกอบการสอนวิชาวิธีการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีระดับ
มัธยมศึกษา. กรุงเทพมหานคร: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

พวงเพชร เกตุวีระพงศ์. 2552. การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนที่ใช้รูปแบบการจัดการเรียนการ
สอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เพื่อพัฒนาคุณภาพการเรียนการสอนและการคิดอย่างมี
วิจารณญาณของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขา
วิจัยและสถิติการศึกษา, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

- พิกเนตร อุทัยไชย. 2554. การพัฒนาแนวคิดของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง พันธุศาสตร์
โมเลกุลด้วยการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์
มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พิมพ์พันธ์ เฉชะคุปต์. 2550. ทักษะ 5E เพื่อพัฒนาหน่วยการเรียนรู้และการจัดการเรียนการสอนแบบ
บูรณาการ. พิมพ์ครั้งที่ 2. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พอรินทร์ พุกพูนชนพัฒน์. 2555. การพัฒนาแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซมของนักเรียนชั้น
มัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับ
เทคนิคอุปมาอุปไมย. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา,
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- มรกต ตันติเจริญ. 2551. ดีเอ็นเอ: ปริศนาลึกลับห้ชีวิต. ปทุมธานี: ศูนย์พันธุ์วิศวกรรมและ
เทคโนโลยีชีวภาพแห่งชาติ
- ภพ เลหาไพบุลย์. 2542. แนวการสอนวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ไทยวัฒนา
พานิช จำกัด.
- รังสรรค์ โถมยา. 2548. เอกสารประกอบการสอนวิชาจิตวิทยา: แรงจูงใจภายในและภายนอก.
ภาควิชาจิตวิทยาการศึกษาและการแนะแนว มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. (อัคราณา)
- วรรณทิพา รอดแรงคำ. 2540. **Constructivism**. กรุงเทพมหานคร: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วรรณดี จันทรวงศ์. 2547. การใช้รูปแบบวงจรการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรัคติวิซึมที่มีต่อแนวคิด
เรื่องสารประกอบไฮโดรคาร์บอนของนักศึกษายาบาลชั้นปีที่ 1 มหาวิทยาลัยคริสเตียน.
วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- วารี ถิระจิตร. 2534. การพัฒนาการสอนวิชาสังคมศึกษาระดับประถมศึกษา. กรุงเทพมหานคร:
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศศิเทพ ปิติพรเทพิน. 2555. “การส่งเสริมความเข้าใจแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องการแบ่งเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการสร้างภาพเคลื่อนไหว.” วารสารวิจัยมหาวิทยาลัยขอนแก่น 2 (1): 115-130.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. 2546. คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระวิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.

_____. 2552. กระบวนการเรียนรู้ที่เหมาะสมกับเนื้อหาตามมาตรฐานหลักสูตร (Pedagogical Content Knowledge: PCK). กรุงเทพมหานคร: สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. 2550. รูปแบบการเรียนรู้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) (online). www.school.obec.go.th/rewat/knowledge/Inquiry%20process.pdf, 1 พฤษภาคม 2557.

สาโรช โศภิตรักษ์. 2546. นวัตกรรมการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ. กรุงเทพมหานคร: บริษัทบุ๊คพอยท์ จำกัด.

สมบัติ การจนารักพงศ์. 2549. เทคนิคการจัดการเรียนรู้แบบ 5E ที่เน้นพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง: กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์ธารอักษรจำกัด.

สมศักดิ์ อภิสิทธิ์วานิช. 2543. พันธุศาสตร์กับสังคม. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

สิรินภา กิจเกื้อกูล และ นฤมล ชูตาคม. 2547. “สำรวจแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงของนักเรียนช่วงชั้นที่ 4.” วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์ 25 (2): 139-149.

สุทัศน์ ศรีวัฒนพงศ์. 2551. “พันธุศาสตร์ ศาสตร์แห่งชีวิต.” วารสารพันธุศาสตร์ 1 (1): 6.

สุภาพร สุกสีเหลือง. 2547. พันธุกรรมและการถ่ายทอด เล่ม 2. กรุงเทพมหานคร: องค์การคำครูสภา.

สุรจิตรา เศรษฐภักดี. 2547. ผลการเรียนรู้เรื่อง การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่เรียนด้วยวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยสาขาสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรางค์ โค้วตระกูล. 2550. จิตวิทยาการศึกษา. พิมพ์ครั้งที่ 8. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวัฒน์ นิยมคำ. 2531. ทฤษฎีและทางปฏิบัติในการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้. กรุงเทพมหานคร: เจเนอรัลบุ๊ก เซนเตอร์.

อาทิตยา จิตรเอื้อเพื่อ. 2551. การส่งเสริมแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณในเรื่องการตอบสนองของพืชของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อังคณา ปัทมพงศา. 2555. การพัฒนาแนวคิดเรื่องการสังเคราะห์ด้วยแสงและมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบชัดเจนของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตร์มหาบัณฑิต สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อรจิต ภูแพ. 2541. การสอนวิชาเกษตรกรรม. กรุงเทพมหานคร: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

อุษา นาคทอง, ชีราพร อนันตะเศรษฐกุล และ นฤมล ชูตากม. 2550. “แนวคิดเรื่องเซลล์และกระบวนการของเซลล์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4.” วิทยาสารเกษตรศาสตร์ สาขาสังคมศาสตร์ 28 (1): 1-10.

เอกรัตน์ ศรีตัณญ, นฤมล ยุติคม และ นุชจรี ประสิทธิ์พันธ์. 2552. “แนวคิดเรื่องวัสดุของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 1-3.” วารสารสงขลานครินทร์ ฉบับสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์ 15 (3): 437-451.

Abraham, M. R. and J. W. Renner. 1986. “The Sequence of Learning Cycle Activities in High School Chemistry.” **Journal of Research in Science Teaching** 23 (2): 121-143.

Abraham, M. R., E. B. Grzybowski, J. W. Renner, and E. A. Marek. 1992. “ Understandings and misunderstandings of eighth graders of five chemistry concepts found in textbooks.” **Journal of Research in Science Teaching** 29 (2): 105-120.

Abraham, M. R., V. M. Williamson, and S. L. Westbrook. 1994. “cross-age study of the understanding of five chemistry concepts.” **Journal of Research in Science Teaching** 31 (2): 147-165.

Atwood, R. K., and V. A. Atwood. 1996. “Preservice Elementary teachers’ Conception of the Causes of Season.” **Journal of Research in Science Teaching** 33 (5): 553-563.

Barhar, M., A. H. Johnstone , and M. H. Hansell. 1999. “Revisiting Learninh Difficultiev in Biology.” **Journal of Biological Education** 33 (2): 84-86.

Baker, M. A. 1991. “Misconception.” **Science Education** 75 (6): 323-330.

Banet, E. and E. Ayuso. 2000. “Teaching Genetics at Secondary School: A Strategy for Teaching about the Location of Inheritance Information.” **International Journal of Science Education** 84 (3): 313-351.

Blank, L. M. 2000. “A Metacognitive Learning Cycle: A Better Warranty for Student Understanding.” **International Journal of Science Education** 84 (4): 486-506.

- Brickhouse, N. W., Z. R. Dagher, W. J. Letts, and H. L. shipman. 2000. "Diversity of Students' Views about Evidence, Theory, and the Interface between Science and Religion in an Astronomy Course." **Journal of Research in Science Teaching** 37 (4): 340-362.
- Brooks, J. G. and M. G. Brooks. 2009. **The Case for Constructivism Classroom**. (Online). www.funderstanding.com/constructivism.cfm, February 25, 2014.
- Brown, C. R. 1990. "Some Misconception in meiosis shown by students responding to an Advanced Level Practical Examination Question in biology." **Journal of Biological Education** 24 (13): 182-186.
- Bybee, R. W., J. A. Taylor, A. Gardner, P. V. Scotter, J. C. Powell, A. Westbrook, and N. Landes. 2006. **The BSCS 5E instructional model: Origins, effectiveness and applications**(Online).[http://sharepoint.snoqualmie.k12.wa.us/mshs/ramseyerd/Science%20Inquiry%201%2020112012/What%20is%20Inquiry%20Sciecne%20\(long%20version\).pdf](http://sharepoint.snoqualmie.k12.wa.us/mshs/ramseyerd/Science%20Inquiry%201%2020112012/What%20is%20Inquiry%20Sciecne%20(long%20version).pdf), March 28, 2014.
- Carolyn, S. W., M. Y. Tsoi. 2002. "Learning from inquiry-based laboratories in non major biology; an interpretive study of the relationships among inquiry experience, epistemologies, and conceptual growth." **Science Education Department** 6 (2): 22-230.
- Wood-Robinson, C., J. Lewis, and J. Leach. 2000. "Young people's understanding of the nature of genetic information in the cell of an organism." **Journal of Biological Education** 35 (1): 29-36.
- Creswell, J. W. 2009. **Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed methods approaches**. Los angeles : sage.

- Dewey, J. 1916. **Democracy and Education: an Introduction to the Philosophy of Education**. New York: Macmillan.
- Driver, R., E. Guesne, and A. Tiberghien. 1985. **Children' Ideas and the Learning of Science**. Milton Keynes, England: Open University Press.
- Eisenkraft, A. 2003. "Expanding the 5E Model". **The Science Teacher** 70 (6): 56-59.
- Fieldman, R. S. 1987. **Understanding Psychology**. New York: McGraw-Hill Inc.
- Fisher, K. M. 1985. "A Misconception Biology: Amino Acid and Transalation." **Journal of Research in Science Teaching** 22 (1): 53-62.
- Fosnot, C. T. 1996. **Constructivism: Theory, perspective, and practice**. New York: Teacher College Press.
- Garnett, P. J. and M. W. Hackling. 1995. "Students' Alternative Conception in Chemistry: A Review of Research and Implication for Teaching and Learning." **Studies Science Education** 25 (1): 69-95.
- Marbach-Ad, G. and R. Stavy. 2000. "Students' Cellular and Molecular Explanation of Genetics Phenomena". **Journal of Biological Education** 34(4): 200-205.
- Griffiths, A. K. and K. R. Preston. 1992. "Grade-12 Students' Misconception Relating to Fundamental Characteristic of Atom and Molecules." **Journal of Research in Science Teaching** 29 (6): 611-628.
- Gussarsky, E. and M. Gorodetsky. 1990. "On the Concept "Chemical Equilibrium": The Associative Framework." **Journal of Research in Science Teaching** 27 (3): 197-204.

- Guzzentti, B. J, T. E. Synder, G.V. Glass, and W. S. Gamas. 1993. "Promoting Conceptual change in Science: A Comparative meta analysis of Instructional Interventions from reading Education and Science Education". **Reading Research Quarterly** 28: 117-159.
- Haidar, A. 1997. "Prospective chemistry Teacher' Conception of the Conservation Matter and Related Concept". **Journal of Research in Science Teaching** 34 (2): 181-197.
- Knipples, M. C. P. J., A. S. Waarlo, and K. T. Boersma. 2005. "Design criteria for Learning and teaching genetics." **Journal of Biological Education** 39 (3): 108-112.
- Laovie, D. R. 1999. "Effects of Emphasizing Hypothetico-Predictive Reasoning within the Science Learning Cycle on High School Student's Process Skills and Conceptual Understandings in Biology." **Journal of Research in Science Teaching** 36 (1): 1127-1147.
- Lawson, A. E. 2001. "Using the learning cycle to teach biology concepts the reasoning patterns". **Journal of Biological Education** 35 (4): 165-169.
- Lawson, A. E. and L. D. Thomson. 1988. "Formal Reasoning Ability and Misconceptions Concerning Genetic and Natural Selection." **Journal of Research in Science Teaching** 25 (9): 733-746.
- _____. 2000. "A Learning Cycle Approach to Introducing Osmosis." **The American Biology Teacher** 62 (3): 189-196.
- Lewis, J., J. Leach, and C. Wood-Robinson. 2000. "chromosomes: The Missing Link –Young People Understanding of Mitosis, Meiosis and Fertilization." **Journal of Biological Education** 34 (4): 189-199.

- Longden, B. 1982. "Genetics- Are There inherent learning difficulties?." **Journal of Biological Education** 16 (2): 135-140.
- Marek, E. A., C. Eubanks, and T. H. Gallaher. 1990. "Teachers' Understanding and The Use of The Learning Cycle." **Journal of Research in Science Teaching** 27 (9): 821-834.
- Merriam, S. B. 1998. Qualitative Research and Case Study Applications in Education.
Revised and Expanded from Case Study Research in Education. San Francisco: Jossey-Bass.
- Mertens, T. and J. Walker 1992. "A paper-&-Pencil Strategy for Tesching Mitosis & Meiosis, Diagnosing Learning Problem & Predicting Examination Performance". **The American biology Teacher** 54 (2): 4.
- National Research Council. 2000. **Inquiry and the National science education standards: A guide for teaching and learning**. Warshington, D.C.: National Academy Press.
- Noh, T. and L. C. Scharman. 1997. "Instructional Influence of a molecular-level pictorial presentation of matter on students' conception and problem solving ability." **Journal of Research in Science Teaching** 34 (2): 199-217.
- Osborne, R. J. and M. Cosgrove. 1983. "Children' s conception of the change state of water. " **Journal of Research in Science Teaching** 20 (9): 825-838.
- Rotbain, Y., G. Marbach-Ad and R. Stavvy. 2008. "Using a Computer Animation to Teach High School Molecular Biology." **Journal of Science Education Technology** 17 (1): 49-58.
- Simpson, W. D. and E. A. Marek. 1988. "Understandings and misconceptions of biology concepts held by students attending small high schools and students attending large high schools." **Journal of Research in Science Teaching** 25 (5): 361-374.

- Stewart, J. and M. Dale. 1981. "Solution to Genetics Problem: Are they the same as correct answer?" **The Australian Science Teachers Journal** 27 (3): 59-64.
- Thomson, N. and J. Stewart. 1985. "Secondary school genetics instruction: making problem solving explicit and meaningful." **Journal of Biological Education** 19 (1): 53-62.
- Treagust, D. F. 2006. **Diagnostic assessment in science as means to improving teaching, learning and retention.** Uniserve Science assessment Symposium Proceeding.
- Mungsing, W. 1993. **Students' Alternative Conceptions about Genetic and The Use of Teaching Strategies for Conceptual Change.** Thesis of Doctor of Philosophy (Science Education), University of Alberta.
- von Glasersfeld, E. 1989. **Constructivism in Education** (Online).
www.univie.ac.at/constructivism/EvG/papers/114.pdf, March 28, 2014.
- West, L. H. T. and A. L. Pines. 1985. **Cognitive Structure and Conceptual Change.** New York: Academic Press, Inc.
- Westbrooks, S. L. and E. A. Marek. 1991. "A Cross-Age Study of Students Understanding of Concept of Diffusion." **Journal of Research in Science Teaching** 28 (8): 649-660.
- Wilder, M. and P. Shuttleworth. 2005. "Cell inquiry: A 5E Learning Cycle Lesson." **Science Activity** 41 (4): 37-43.
- Zion, M., T. Michalsky, and Z. R. Mevarech. 2005. "The effects of metacognitive instruction embedded within an asynchronous learning network on scientific inquiry skill." **International Journal of Science Education** 27 (8): 957-983.





ภาคผนวก ก
รายนามผู้เชี่ยวชาญ

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

วิทยานิพนธ์เล่มนี้ เสร็จสมบูรณ์ ได้ด้วยความอนุเคราะห์จากผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ที่กรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษา คำแนะนำเกี่ยวกับเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย และกิจกรรมการเรียนรู้ จนได้เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้คือ

1. ผศ. ดร. พงศ์ประพันธ์ พงษ์โสภณ
ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
2. ผศ. ดร. ชาตรี ฝ่ายคำตา
ภาควิชาการศึกษา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์
3. อาจารย์อรรวรรณ กุฑมเพ็ญแสง
โรงเรียนสาธิตแห่งมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ ศูนย์วิจัยและพัฒนาการศึกษา



ภาคผนวก ข

ตัวอย่างแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

รายวิชาชีววิทยาพื้นฐาน

รหัสวิชา ว 30101

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ภาคเรียนที่ 1

ปีการศึกษา 2556

ผู้สอน อาจารย์มะลิวัลย์ ประทุมทอง

เวลา 2 คาบ (100 นาที)

หน่วย การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

เรื่อง โครโมโซม

มาตรฐานการเรียนรู้

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอนสามารถอธิบายและตรวจสอบได้ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ตัวชี้วัด

(1) อธิบายกระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรม การแปรผันทางพันธุกรรม มิวเทชัน และการเกิดความหลากหลายทางชีวภาพ

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. อธิบายลักษณะรูปร่างของโครโมโซม
2. เปรียบเทียบจำนวนโครโมโซมของเซลล์ร่างกายกับเซลล์สืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ได้
3. สังเกตและสร้างแบบจำลองโครโมโซมได้
4. สังเกตและจำแนกโครโมโซมออกเป็นกลุ่มๆ ได้
5. ทำงานร่วมกับผู้อื่นได้

6. มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้

แนวคิดหลัก

โครโมโซม (chromosome) ในเซลล์ของสิ่งมีชีวิตประกอบด้วย นิวเคลียส เชื้อหุ้มเซลล์ ไซโทพลาซึม เมื่อใช้กล้องจุลทรรศน์ส่องดูนิวเคลียสของเซลล์ที่กำลังแบ่งตัวจะเห็น โครงสร้างมีลักษณะเป็นเส้นยาวๆ เล็กๆ ขดไปมาเรียกโครงสร้างนี้ว่า โครมาทิน (chromatin) เมื่อเซลล์โครมาทินขดแน่นมากขึ้นและหดสั้นลง จะมีลักษณะเป็นแท่งเรียกว่า โครโมโซม (chromosome) โครโมโซมแต่ละโครโมโซมประกอบด้วยแขน 2 ข้าง เรียกว่า โครมาทิด (chromatid) ซึ่งแขนทั้งสองจะมีจุดเชื่อมกันเรียกว่า เซนโทรเมียร์ (centromere) สามารถจัดจำแนกโครโมโซมออกเป็นกลุ่มได้โดยพิจารณาจากตำแหน่งของเซนโทรเมียร์ (Centromere) ดังนี้

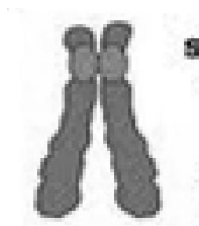
1) เมตาเซนทริก (Metacentric) โครโมโซมที่มีตำแหน่งของเซนโทรเมียร์อยู่ตรงกลาง มีผลทำให้แขนสอง ข้างของโครโมโซมยาวเท่ากัน



2) ซับเมตาเซนทริก (Submetacentric) คือ โครโมโซมที่มีตำแหน่งของเซนโทรเมียร์ไม่อยู่ตรงกลาง มีผลทำให้แขนสองข้างยาวไม่เท่ากัน



3) อะโครเซนทริก (Acrocentric) คือ โครโมโซมที่มีตำแหน่งของเซนโทรเมียร์ค่อนข้างไปทางปลายแขนข้างหนึ่ง มีผลให้แขนข้างหนึ่งสั้นและแขนข้างหนึ่งยาว



4) ทีโลเซนทริก (Telocentric) คือ โครโมโซมที่มีตำแหน่งของเซนโทรเมียร์ อยู่ที่ปลายข้างหนึ่ง ทำให้มีแขนข้างเดียว



จำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิต มีจำนวนโครโมโซมที่คงที่และเท่ากันเสมอ ถ้าสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกันจะมีจำนวนโครโมโซมที่แตกต่างกัน จำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายและโครโมโซมในเซลล์สืบพันธุ์จะแตกต่างกัน โดยโครโมโซมในเซลล์สืบพันธุ์จะมีเพียงครึ่งหนึ่งของเซลล์ร่างกาย ดังนั้นจำนวนโครโมโซมจึงไม่มีความสัมพันธ์กับชนิดของสิ่งมีชีวิต กล่าวคือ ระดับความซับซ้อนของสิ่งมีชีวิตที่มากขึ้นอาจมีจำนวนโครโมโซมไม่มากนัก เช่น มนุษย์มีจำนวนโครโมโซม 46 แท่ง ในขณะที่ไก่มีจำนวนโครโมโซม 78 แท่ง

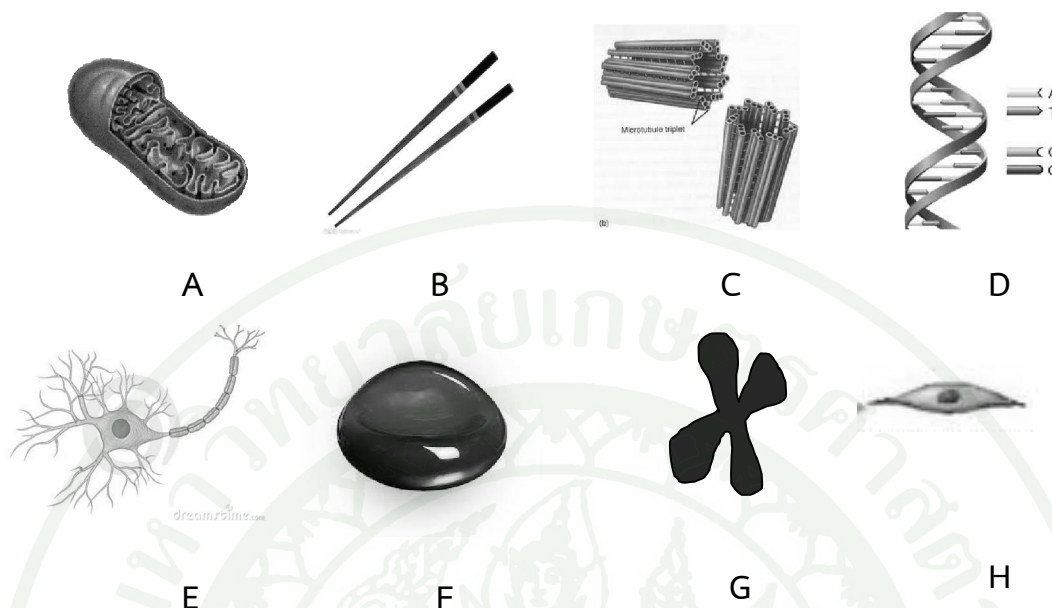
แนวคิดคลาดเคลื่อน

1. สิ่งมีชีวิตแต่ละชนิดจะมีจำนวนโครโมโซมไม่เท่ากัน โดยขนาดและจำนวนของโครโมโซมขึ้นอยู่กับลักษณะที่ต้องควบคุม โดยจำนวนของโครโมโซมจะขึ้นอยู่กับขนาดของสิ่งมีชีวิต เช่น สัตว์ขนาดใหญ่มีโครโมโซมมากกว่าสัตว์ขนาดเล็ก (ทัศนียา รัตนฤทัยและคณะ, 2549)

กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) (10 นาที)

1. ครูนำเข้าสู่บทเรียนและสำรวจความรู้เดิมของนักเรียน โดยให้นักเรียนดูภาพที่ครูเตรียมมา พร้อมนำอภิปรายโดยใช้คำถามดังนี้



- นักเรียนคิดว่าภาพใดบ้างที่คล้ายกับโครโมโซมและภาพใดบ้างที่ไม่คล้ายกับโครโมโซม เพราะเหตุใด (ภาพที่คล้ายโครโมโซมได้แก่ B C และ G เพราะมีลักษณะเป็นสองแท่ง ส่วนภาพที่ไม่คล้าย ได้แก่ A D E F และ H เพราะไม่มีลักษณะเป็นสองแท่ง)
- นักเรียนคิดว่าโครโมโซมมีรูปร่างลักษณะอย่างไร (โครโมโซมประกอบด้วยแขน 2 ข้าง เรียกว่า โครมาทิด (chromatid) ซึ่งแขนทั้งสองจะมีจุดเชื่อมกัน เรียกว่า เซนโทรเมียร์ (centromere))

ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) (50 นาที)

กิจกรรมที่ 1

2. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนกลุ่มละ 3-4 คน ทำกิจกรรม “สร้างแบบจำลองโครโมโซม” โดยครูชี้แจงเกี่ยวกับการทำกิจกรรม โดยมีคำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะหาความรู้ในกิจกรรม คือ

- โครโมโซมมีรูปร่างลักษณะอย่างไร

3. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มสร้างแบบจำลองโครโมโซมโดยใช้ดินน้ำมัน พร้อมศึกษาเพิ่มเติมจากเอกสารเรื่อง โครโมโซมและหนังสือเรียน

4. ครูสุ่มนักเรียนออกมา 2 กลุ่มเพื่อนำเสนอผลการทำกิจกรรมที่ 1 หน้าชั้นเรียน กลุ่มละ 3 นาที มีการเปิดโอกาสให้นักเรียนกลุ่มอื่นได้ซักถามข้อมูลกันระหว่างกลุ่ม โดยใช้คำถามดังนี้

- โครโมโซมมีรูปร่างลักษณะอย่างไร (โครโมโซมประกอบด้วยแขน 2 ข้าง เรียกว่า โครมาทิด (chromatid) ซึ่งแขนทั้งสองจะมีจุดเชื่อมกันเรียกว่า เซนโทรเมียร์ (centromere))
- นักเรียนคิดว่าสิ่งมีชีวิตชนิดอื่นจะมีจำนวนโครโมโซมเท่ากับหรือแตกต่างจากมนุษย์หรือไม่ อย่างไร (แตกต่างกัน ตามชนิดของสิ่งมีชีวิต)
- นักเรียนคิดว่ามนุษย์ สุนัขและไก่จะมีจำนวนโครโมโซมแตกต่างกันหรือไม่ อย่างไร (แตกต่างกัน โดยสุนัขและไก่มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับคือ 78 ในขณะที่มนุษย์มีจำนวนโครโมโซม 46)

5. เพื่อค้นหาคำตอบของคำถาม ครุมนักเรียนเข้าสู่กิจกรรมที่ 2 เรื่อง “จำนวนโครโมโซมในร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต” โดยมีคำถามเข้าสู่กิจกรรมดังนี้

- ขนาดและความซับซ้อนของสิ่งมีชีวิตมีความเกี่ยวข้องกับจำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิตหรือไม่ อย่างไร

กิจกรรมที่ 2

6. ครูชี้แจงเกี่ยวกับกิจกรรม “จำนวนโครโมโซมในร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต” โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มศึกษาและวิเคราะห์ตารางจำนวนโครโมโซมในร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต พร้อมทั้งตอบคำถามในใบกิจกรรม โดยมีคำถามที่นำไปสู่การสืบเสาะหาความรู้ในกิจกรรม ดังนี้

- ขนาดและความซับซ้อนของสิ่งมีชีวิตมีความเกี่ยวข้องกับจำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิตหรือไม่ อย่างไร

7. ครูให้นักเรียนนำเสนอผลการศึกษาในกิจกรรมที่ 2 โดยนำเสนอประมาณ 1-2 กลุ่ม กลุ่มละ 2 นาที มีการเปิดโอกาสให้นักเรียนกลุ่มอื่นได้ซักถามข้อมูลกันระหว่างกลุ่ม โดยใช้คำถามดังนี้

- จากตารางให้ข้อมูลอะไร (จำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิตแต่ละชนิด)
- สัตว์และพืชชนิดใดมีขนาดใหญ่ที่สุด (สัตว์ที่มีขนาดใหญ่ที่สุดในตารางคือ มนุษย์ และพืชที่มีขนาดใหญ่ที่สุด คือ สน)

- สัตว์และพืชชนิดใดที่มีจำนวนโครโมโซมมากที่สุดในตาราง (สัตว์ที่มีจำนวนโครโมโซมมากที่สุดในตารางคือ ไก่และสุนัข 78 โครโมโซม ส่วนพืชที่มีจำนวนโครโมโซมมากที่สุดในตารางคือ ฝ้าย 52 โครโมโซม)
- สิ่งมีชีวิตที่มีขนาดใหญ่ที่สุด กับสิ่งมีชีวิตที่มีจำนวนโครโมโซมในตารางมากที่สุด เป็นสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันหรือไม่ อย่างไร (ไม่ เพราะสิ่งมีชีวิตที่มีขนาดใหญ่มากที่สุดในการ์ดไม่ใช่สิ่งมีชีวิตที่มีจำนวนโครโมโซมมากที่สุด)
- จากข้อมูลในตารางสามารถสรุปได้ว่าอย่างไร (ขนาดของสิ่งมีชีวิตไม่ใช่สิ่งที่จะกำหนดจำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิต)

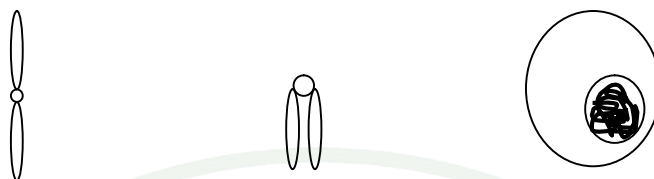
ชั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) (15 นาที)

8. ครูและนักเรียนร่วมกันอภิปรายผลจากการทำกิจกรรมเพื่อให้ได้ข้อสรุป โดยใช้ภาพที่ครูให้ดูในขั้นนำและให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายกันภายในกลุ่ม (ใช้เวลา 5 นาที) จากนั้นจึงนำเสนอคำตอบของกลุ่มและเปิดโอกาสให้นักเรียนมีการซักถามกันระหว่างกลุ่ม โดยนักเรียนจะต้องเป็นผู้สรุปเอง โดยใช้คำถามดังนี้

- จากภาพที่ครูให้ดูในขั้นนำเข้าสู่บทเรียนนั้น สรุปว่าภาพใดบ้างที่มีลักษณะคล้ายกับโครโมโซมมากที่สุด (ภาพที่คล้ายโครโมโซมได้แก่ B C และ G เพราะมีลักษณะเป็นสองแท่ง ส่วนภาพที่ไม่คล้าย ได้แก่ A D E F และ H เพราะไม่มีลักษณะเป็นสองแท่ง)
- โครโมโซมมีลักษณะอย่างไร (เป็นแท่ง 2 แท่งเชื่อมติดกันที่บริเวณเซนโทรเมียร์)
- จำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิต สามารถบอกชนิดของสิ่งมีชีวิตได้หรือไม่ อย่างไร (ไม่ได้ เพราะจำนวนของโครโมโซมไม่เกี่ยวข้องกับชนิดของสิ่งมีชีวิต)

ชั้นขยายความรู้ (Elaboration) (15 นาที)

9. ครูให้นักเรียนดูภาพโครโมโซมที่แตกต่างกัน โดยให้นักเรียนแต่ละกลุ่มอภิปรายกันภายในกลุ่มว่าภาพใดจัดเป็นโครโมโซม (ใช้เวลา 2 นาที) จากนั้นแต่ละกลุ่มนำเสนอคำตอบของตนเองที่ได้จากการอภิปรายร่วมกันภายในกลุ่มและเปิดโอกาสให้นักเรียนมีการซักถามกันระหว่างกลุ่ม ซึ่งครูใช้คำถามในการอภิปรายร่วมกันดังนี้



A

B

C

- นักเรียนคิดว่าภาพเหล่านี้จัดเป็นโครโมโซมหรือไม่ ทราบได้อย่างไร (ไม่ เพราะโครโมโซมประกอบด้วยแขน 2 ข้าง เรียกว่า โครมาทิด (chromatid) ซึ่งแขนทั้งสองจะมีจุดเชื่อมกันเรียกว่า เซนโทรเมียร์ (centromere) โดยภาพ A และ B เรียกว่า โครมาทิด (Chromatid) และภาพ C คือ เส้นใยโครมาทิน)
- นักเรียนคิดว่าโครโมโซมมีตำแหน่งของเซนโทรเมียร์เหมือนกันทุกโครโมโซมหรือไม่ อย่างไร (แตกต่างกัน)
- นักเรียนคิดว่าจะสามารถจำแนกโครโมโซมออกเป็นกลุ่มๆ โดยใช้ตำแหน่งของเซนโทรเมียร์ได้กี่กลุ่ม อะไรบ้าง

10. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันจำแนกโครโมโซม โดยใช้ตำแหน่งของเซนโทรเมียร์เป็นเกณฑ์ โดยนำโครโมโซมที่ได้ในชุดกิจกรรม ทำการจำแนกและติดลงในกระดาษที่ครูแจกให้ (ใช้เวลา 3 นาที จากนั้นครูสุ่มนักเรียนออกมา 2 กลุ่มเพื่อนำเสนอผลการทำกิจกรรมที่ 1 หน้าชั้นเรียน กลุ่มละ 1 นาที มีการเปิดโอกาสให้นักเรียนกลุ่มอื่นได้ซักถามข้อมูลกันระหว่างกลุ่ม โดยใช้คำถามดังนี้

- นักวิทยาศาสตร์จำแนกโครโมโซมออกเป็นกี่ประเภท มีเกณฑ์การจำแนกอย่างไร (4 ประเภท จำแนกโดยใช้ตำแหน่งของเซนโทรเมียร์)
- โครโมโซมแต่ละประเภทได้แก่อะไรบ้างและมีลักษณะอย่างไร (1) เมตาเซนทริก (Metacentric) โครโมโซมที่มีตำแหน่งของเซนโทรเมียร์อยู่ตรงกลาง มีผลทำให้แขนสองข้างของโครโมโซมยาวเท่ากัน 2) ซับเมตาเซนทริก (Submetacentric) คือ โครโมโซมที่มีตำแหน่งของเซนโทรเมียร์ไม่อยู่ตรงกลาง มีผลทำให้แขนสองข้างยาวไม่

เท่ากัน 3) อะโครเซนทริก (Acrocentric) คือ โครโมโซมที่มีตำแหน่งของเซนโทรเมียร์
 ค่อนไปทางปลายแขนข้างหนึ่ง มีผลให้แขนข้างหนึ่งสั้นและแขนข้างหนึ่งยาว 4) ทีโล
 เซนทริก (Telocentric) คือ โครโมโซมที่มีตำแหน่งของเซนโทรเมียร์ อยู่ที่ปลายข้าง
 หนึ่งทำให้มีแขนข้างเดียว)

ขั้นประเมิน (Evaluation) (5 นาที)

11. ครูให้นักเรียนทำแบบฝึกหัดเรื่อง รูปร่างลักษณะของโครโมโซม เป็นรายบุคคล
12. ให้นักเรียนทุกคนเขียนบันทึกการเรียนรู้เกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอน ปัญหาและ
 ข้อเสนอแนะส่งในภายหลัง

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียนสาระการเรียนรู้พื้นฐาน (ชีววิทยาพื้นฐาน) ของ สถาบันส่งเสริมการสอน
 วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)
2. ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง สร้างแบบจำลองโครโมโซม
3. ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง จำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต
4. ภาพที่นำเข้าสู่บทเรียน ได้แก่ เซลล์ประสาท ไมโทคอนเดรีย เม็ดเลือดแดง ปาทอจิก
 เซนทริโอ ดีเอ็นเอ ตะเกียบ เซลล์กล้ามเนื้อลาย

การวัดและประเมินผล

สิ่งที่ต้องประเมิน	วิธีประเมิน	เครื่องมือในการประเมิน	เกณฑ์การประเมิน
ความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับรูปร่างลักษณะของโครโมโซม	ประเมินการตอบคำถาม ครูตรวจใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง สร้างแบบจำลองโครโมโซม	ใบกิจกรรมที่ 1 เรื่อง สร้างแบบจำลองโครโมโซม	ตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นในชั้นเรียนได้ ทำใบกิจกรรมที่ 1 ได้ถูกต้อง
ทักษะการสังเกต และสร้างแบบจำลองโครโมโซมเปรียบเทียบจำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตต่างชนิดกัน	ให้ทำกิจกรรมที่ 1 เรื่อง สร้างแบบจำลองโครโมโซม ประเมินการตอบคำถาม ให้ทำใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง จำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต	ใบกิจกรรมที่ 1 สร้างแบบจำลองโครโมโซม ใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง จำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต	ทำใบกิจกรรม 1 สร้างแบบจำลองโครโมโซม ทำใบกิจกรรมที่ 2 เรื่อง จำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต
มีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้และทำงานเสร็จตามที่ได้รับมอบหมาย	สังเกตการตอบคำถามและแสดงความคิดเห็นในชั้นเรียน ประเมินพฤติกรรมการเรียน	แบบประเมินพฤติกรรมการทำกิจกรรม	นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมดีและส่งงานตามกำหนดเวลา



กิจกรรมที่ 1 เรื่อง สร้างแบบจำลองโครโมโซม

จุดประสงค์กิจกรรม

1. อธิบายลักษณะรูปร่างของโครโมโซมได้
2. สร้างแบบจำลองของโครโมโซมได้

วิธีทำกิจกรรม

1. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันศึกษาเอกสารเรื่อง “โครโมโซม” และสร้างแบบจำลองโครโมโซมจากดินน้ำมัน
2. แต่ละกลุ่มนำเสนอผลงานแบบจำลองโครโมโซมของตนเอง

ผลการทำกิจกรรม

นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. ให้นักเรียนอธิบายรูปร่างของโครโมโซม โดยการวาดภาพ

.....

.....

.....

.....



กิจกรรมที่ 2 จำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิต

จุดประสงค์กิจกรรม

1. บอกความหมายของจำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายและเซลล์สืบพันธุ์ของสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ได้
2. เปรียบเทียบจำนวนโครโมโซมของสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆ ได้

ตารางแสดงจำนวนโครโมโซมในเซลล์ร่างกายและชนิดของสิ่งมีชีวิต

สิ่งมีชีวิต	จำนวนโครโมโซม (2n)	สิ่งมีชีวิต	จำนวนโครโมโซม (2n)
มนุษย์ (<i>Homo sapiens</i>)	46	สน (<i>Pinus ponderosa</i>)	24
ลิงชิมแปนซี (<i>Pan troglodytes</i>)	48	กะหล่ำปลี (<i>Brassica oleracea</i>)	18
ม้า (<i>Equus caballus</i>)	64	ถั่วลันเตา (<i>Pisum sativum</i>)	14
สุนัข (<i>Canis familiaris</i>)	78	ฝ้าย (<i>Gossypium hirsutum</i>)	52
แมว (<i>Felis domesticus</i>)	38	มะเขือเทศ (<i>Lycopersicon esculentum</i>)	24
หนู (<i>Mus musculus</i>)	40	หอม (<i>Allium cepa</i>)	16
ไก่ (<i>Gallus domesticus</i>)	78	ยาสูบ (<i>Nicotiana tabacum</i>)	48
กบ (<i>Rana pipiens</i>)	26	ข้าว (<i>Oryza sativa</i>)	24
ผึ้ง (<i>Apis mellifera</i>)	32	ข้าวโพด (<i>Zea mays</i>)	20
แมลงวัน (<i>Musca domestica</i>)	12	กล้วย (<i>Musa paradisiaca</i>)	22
แมลงหวี่ (<i>Drosophila melanogaster</i>)	8	แตงโม (<i>Citrullus vulgaris</i>)	22
ยุงก้นปล่อง (<i>Anopheles dirus</i>)	6	ชา (<i>Camellia sinensis</i>)	30

นักเรียนตอบคำถามต่อไปนี้

1. จากตารางให้ข้อมูลอะไรแก่นักเรียน

.....

.....

2. สัตว์และพืชชนิดใดมีขนาดใหญ่ที่สุด

.....

.....

.....

3. สัตว์และพืชชนิดใดที่มีจำนวนโครโมโซมในตารางมากที่สุด

.....

.....

.....

4. สิ่งมีชีวิตใดบ้างที่มีจำนวนโครโมโซมเท่ากัน

.....

.....

.....

5. สิ่งมีชีวิตที่มีขนาดใหญ่ที่สุดกับสิ่งมีชีวิตที่มีจำนวนโครโมโซมมากที่สุดในตารางเป็นสิ่งมีชีวิตชนิดเดียวกันหรือไม่ อย่างไร

.....

.....

.....

6. จากข้อมูลในตาราง สามารถอธิบายได้ว่าอย่างไร

.....

.....

.....



ภาคผนวก ก

ตัวอย่างแบบวัดแนวคิด

เรื่อง การแบ่งเซลล์และการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม

แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 1 เรื่องลักษณะทางพันธุกรรม
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
วิชาชีววิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556



แนวคิดที่วัด

1. ลักษณะทางพันธุกรรม

คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนกรอกข้อมูล ได้แก่ ชื่อ - นามสกุล ชั้น เลขที่
2. จำนวนข้อสอบ 1 ข้อ
3. เวลาในการทำข้อสอบ 5 นาที
4. ให้นักเรียนตอบคำถามให้ครบถ้วนสมบูรณ์ตามความเข้าใจของ

1. นางสาวกรองแก้ว เป็นผู้หญิงผิวสีขาว ผมหยิก มีลักยิ้ม และมีรอยแผลเป็นที่ข้อมือด้านขวา แต่งงานกับพ่อดีที่แท้จริงซึ่งเป็นชายผมหยิก จมูกโด่ง หนวดขาว และมีความสามารถในการผ่าตัดอย่างยอดเยี่ยม นักเรียนคิดว่าจากข้อมูลดังกล่าว ลักษณะใดบ้างที่จัดเป็นลักษณะทางพันธุกรรม และลักษณะใดที่ไม่เป็นลักษณะทางพันธุกรรม พร้อมทั้งอธิบายเหตุผล

ลักษณะทางพันธุกรรม..... สีผิว ผมหยิก ลักยิ้ม ผมหยิก จมูกโด่ง หนวดขาว เพราะเป็น

เพราะ..... ลักษณะที่สามารถถ่ายทอดจากบรรพบุรุษได้

ไม่ใช่ลักษณะทางพันธุกรรม

เพราะ..... รอยแผลเป็นที่ข้อมือด้านขวา และความสามารถในการผ่าตัดอย่างยอดเยี่ยม เพราะ

..... ไม่สามารถถ่ายทอดจากบรรพบุรุษ แต่สามารถฝึกฝนได้

ชื่อ.....

ชั้น.....เลขที่.....

ผู้วิจัย นางมะลิวัลย์ ประทุมทอง

สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 2 เรื่องยีนและโครโมโซม
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
วิชาชีววิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556



แนวคิดที่วัด

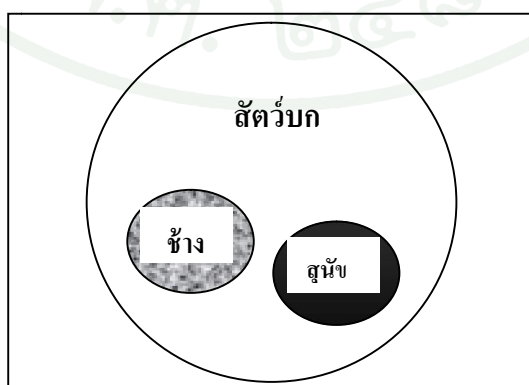
1. ยีนและโครโมโซม
2. รูปร่างลักษณะของโครโมโซม
3. จำนวนโครโมโซมในสิ่งมีชีวิต

คำชี้แจง

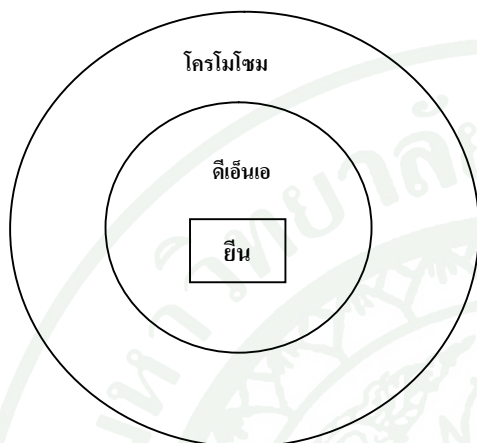
1. ให้นักเรียนกรอกข้อมูล ได้แก่ ชื่อ - นามสกุล ชั้น เลขที่
2. จำนวนข้อสอบ 3 ข้อ
3. เวลาในการทำข้อสอบ 30 นาที
4. ให้นักเรียนตอบคำถามให้ครบถ้วนสมบูรณ์ตามความเข้าใจของนักเรียน

1. จงเขียนแผนภาพเวนน์-ออยเลอร์แสดงความสัมพันธ์ของยีน ดีเอ็นเอ และโครโมโซม พร้อมอธิบายแผนภาพ

ตัวอย่าง แผนภาพเวนน์-ออยเลอร์แสดงความสัมพันธ์สัตว์บก ข้าง สุนัข



แสดงความสัมพันธ์ของยีนและโครโมโซมใน
รูปแบบของแผนภาพเวนน-ฮอยเลอร์ ได้ดังนี้



คำอธิบาย

ยีนเป็นส่วนหนึ่งของดีเอ็นเอ และดีเอ็นเอ
อยู่บนโครโมโซม

.....

.....

.....

.....

.....

.....

2. จากภาพที่กำหนดให้ ภาพใดแสดงลักษณะรูปร่างของโครโมโซม พร้อมทั้งอธิบายเหตุผล



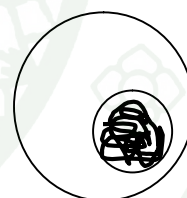
A



B



C



D

นักเรียนตอบข้อ..... ภาพ B

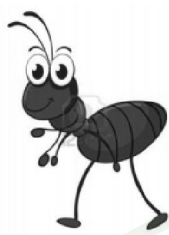
เพราะ..... โครโมโซม ประกอบด้วยแขนสองข้างที่เรียกว่า “โครมาทิด” ซึ่งมีจุดเชื่อม

..... กันเรียกว่า เซนโทรเมียร์

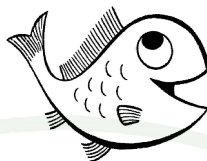
.....

.....

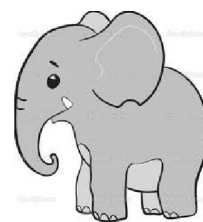
3. ให้นักเรียนดูภาพข้างล่างและตอบคำถาม



A



B



C

นักเรียนคิดว่าสิ่งมีชีวิตในภาพใดน่าจะมีจำนวนโครโมโซมมากที่สุดและน้อยที่สุด
แตกต่างกันตามแต่ละชนิด

.....

.....

เพราะเหตุใด

ขนาดและความซับซ้อนของสิ่งมีชีวิตไม่ได้เกี่ยวข้องกับจำนวนโครโมโซม

.....

.....

.....

ชื่อ.....

ชั้น.....เลขที่.....

ผู้วิจัย นางมะลิวัลย์ ประทุมทอง

สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 3 เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
วิชาชีววิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556



แนวคิดที่วัด

1. หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส
2. กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโทซิส

คำชี้แจง

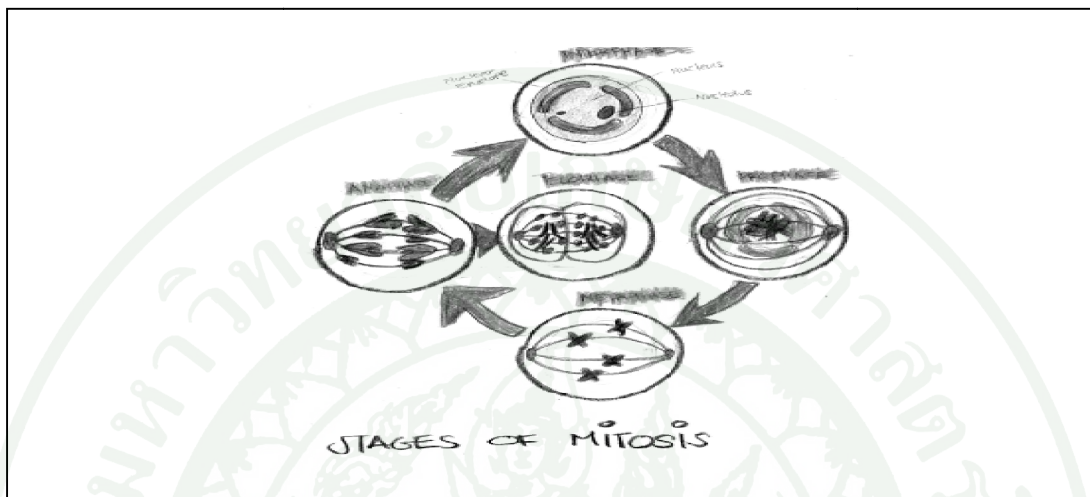
1. ให้นักเรียนกรอกข้อมูล ได้แก่ ชื่อ - นามสกุล ชั้น เลขที่
2. จำนวนข้อสอบ 2 ข้อ
3. เวลาในการทำข้อสอบ 30 นาที
4. ให้นักเรียนตอบคำถามให้ครบถ้วนสมบูรณ์ตามความเข้าใจของนักเรียน

1. กำหนดให้เซลล์ผิวหนัง 1 เซลล์ มีจำนวนโครโมโซมเท่ากับ 8 หากเซลล์ผิวหนังเกิดการแบ่งเซลล์จะได้เซลล์ลูกที่แต่ละเซลล์มีจำนวนโครโมโซมเป็นเท่าใด มีความแตกต่างของสารพันธุกรรมระหว่างเซลล์ลูกด้วยกันเอง และระหว่างเซลล์ลูกกับเซลล์แม่หรือไม่ อย่างไร

จำนวนโครโมโซมของเซลล์ลูกจะเท่ากับ 8 โครโมโซมและไม่มี ความ

แตกต่างในเรื่องของสารพันธุกรรม

2. ให้นักเรียนอธิบายกระบวนการแบ่งเซลล์ร่างกาย (Mitosis) โดยวาดภาพพร้อมทั้งอธิบายการแบ่งเซลล์ในแต่ละระยะ



คำอธิบาย

1. Interphase เป็นระยะเซลล์มีการเตรียมพร้อมก่อนที่จะแบ่งนิวเคลียสและไซโทพลาสซึม จึงมีการจำลองตัวของโครโมโซมหรือสังเคราะห์ดีเอ็นเอเพิ่มขึ้นอีกชุดหนึ่ง
2. Prophase เป็นระยะที่ใช้เวลานานที่สุด เริ่มเห็นโครโมโซมเป็นเส้นบางๆ และค่อยๆ ขดตัวหนาขึ้นจนเห็นเป็นท่อนสั้นๆ แต่กระจัดกระจายไม่เป็นระเบียบ
3. Metaphase ระยะนี้โครโมโซมจะมาเรียงตัวกันในแนวกลางเซลล์
4. Anaphase เป็นระยะที่ใช้เวลาสั้นที่สุดในการแบ่งเซลล์ เซนโทรเมียร์ของแต่ละโครโมโซมจะแยกออกจากกันและถูกดึงโดย Kinetochore microtubule ไปยังขั้วเซลล์ ทำให้โครมาทิดแยกออกจากกัน
5. Telophase โครโมโซมจะอยู่เป็นกลุ่มที่ขั้วเซลล์ จากนั้นโครโมโซมจะค่อยๆ คลายตัวออก เริ่มเห็นนิวคลีโอลัสและเยื่อหุ้มนิวเคลียส มีการแบ่งไซโทพลาสซึมออกเป็น 2 ส่วน

ชื่อ.....

ชั้น.....เลขที่.....

ผู้วิจัย นางมะลิวัลย์ ประทุมทอง
สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา
มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 4 เรื่องการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
วิชาชีววิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556



แนวคิดที่วัด

1. หลักการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส
2. กระบวนการแบ่งเซลล์แบบไมโอซิส

คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนกรอกข้อมูล ได้แก่ ชื่อ - นามสกุล ชั้น เลขที่
2. จำนวนข้อสอบ 2 ข้อ
3. เวลาในการทำข้อสอบ 30 นาที
4. ให้นักเรียนตอบคำถามให้ครบถ้วนสมบูรณ์ตามความเข้าใจของนักเรียน

1. สิ่งมีชีวิตชนิดหนึ่งมีจำนวนโครโมโซมของเซลล์ 4 โครโมโซม และมีจีโนไทป์ AaBBcc ในการสร้างเซลล์สืบพันธุ์ จะได้เซลล์ลูกเท่าไร และเซลล์ลูกมีจำนวนโครโมโซมเป็นเท่าไร

- | | | |
|----|---------|--------------------|
| ก. | 2 เซลล์ | เซลล์ละ 2 โครโมโซม |
| ข. | 2 เซลล์ | เซลล์ละ 4 โครโมโซม |
| ค. | 4 เซลล์ | เซลล์ละ 2 โครโมโซม |
| ง. | 4 เซลล์ | เซลล์ละ 4 โครโมโซม |

ตอบข้อ.....

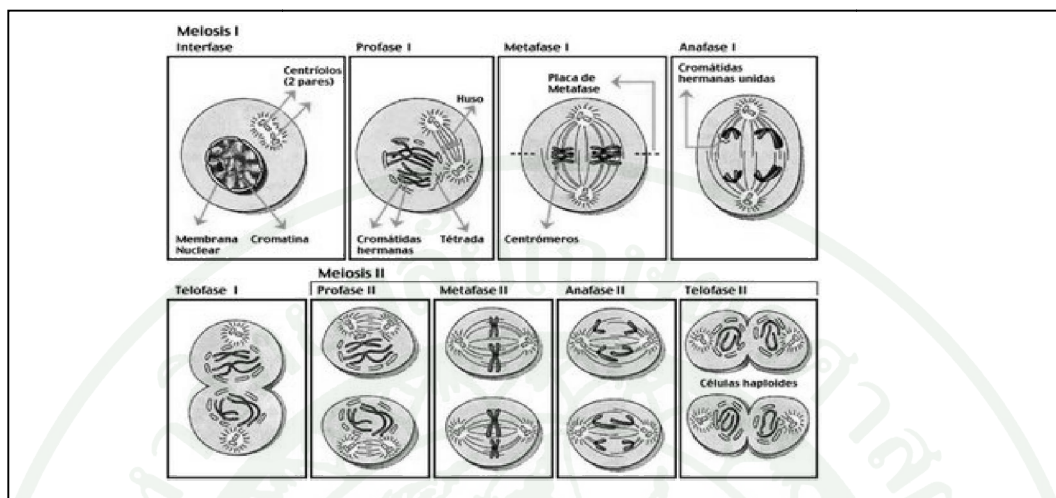
เพราะ.....

.....

.....

.....

2. จากข้อ 3 จงอธิบายกระบวนการแบ่งเซลล์ พร้อมทั้งวาดภาพประกอบ



คำอธิบาย

การแบ่งแบบไมโอซิสมี 2 ขั้นตอนได้แก่

1. ไมโอซิส I เป็นการแบ่งเพื่อลดจำนวนโครโมโซม 2 ชุด เหลือ 1 ชุด ในเซลล์ลูกแต่ละโครโมโซมประกอบด้วย 4 ระยะย่อย ดังนี้

- **prophase I** จะเป็นระยะที่แต่ละคู่ของ Homologous chromosome จะจับคู่กัน

- **metaphase I** เส้นใย spindle fiber จะจับคู่ Homologous chromosome มาเรียงกันบริเวณระนาบกลางเซลล์

- **anaphase I** เส้นใยสปินเดิล จะจับ Homologous chromosome ดึงแยกออกจากกัน ในระยะนี้จำนวนแท่งของโครโมโซมจะเท่าเดิมเพราะไม่มีการแยกของ sister chromatid

- **Telophase I** แต่ละแท่งของ Homologous chromosome จะเคลื่อนไปยังขั้วเซลล์

2. ไมโอซิส II การแบ่งในระยะนี้ วิธีการจะเหมือนกับการแบ่งแบบไมโทซิส เพราะต้องการให้โครมาทิดของแต่ละโครโมโซมแยกออกจากกัน ไปอยู่ในเซลล์ใหม่ที่เกิดขึ้น เริ่มต้นจากเซลล์ที่มีโครโมโซมชุดเดียว ซึ่ง 1 โครโมโซมมี 2 โครมาทิด ประกอบด้วย 4 ระยะย่อยคือ prophase II, metaphase II, anaphase II และ telophase II โดยจะมีการฉีก sister chromatid ออกจากกัน

ชื่อ.....

ชั้น.....เลขที่.....

ผู้วิจัย นางมะลิวัลย์ ประทุมทอง

สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

แบบวัดแนวคิดฉบับที่ 5 เรื่อง DNA
 สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
 วิชาชีววิทยา ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2556



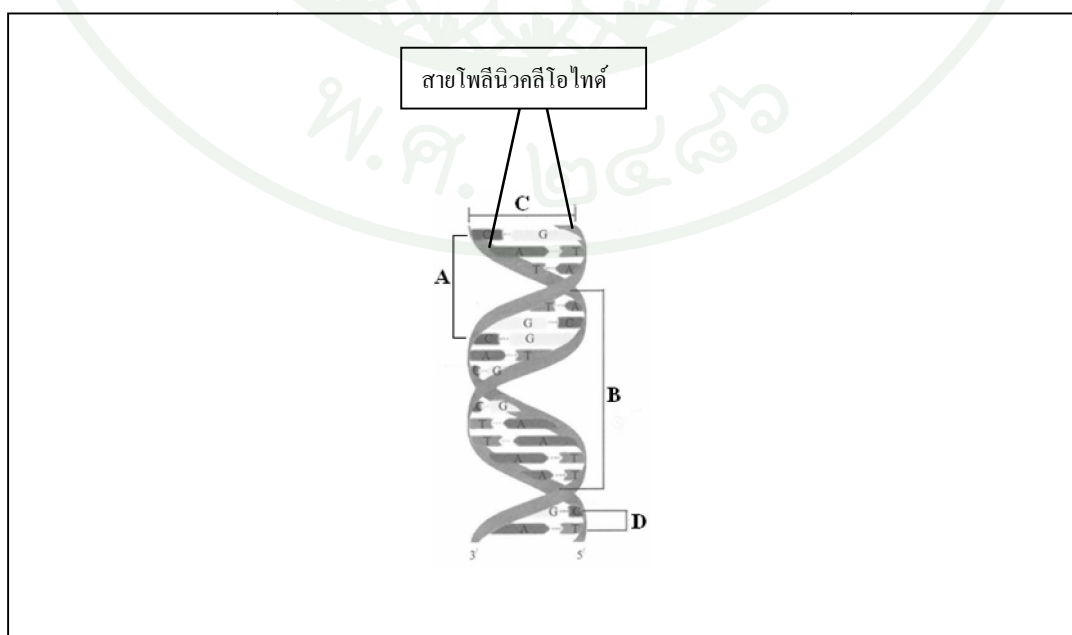
แนวคิดที่วัด

1. โครงสร้างของ DNA
2. องค์ประกอบทางเคมีของ DNA

คำชี้แจง

1. ให้นักเรียนกรอกข้อมูล ได้แก่ ชื่อ - นามสกุล ชั้น เลขที่
2. จำนวนข้อสอบ 2 ข้อ
3. เวลาในการทำข้อสอบ 20 นาที
4. ให้นักเรียนตอบคำถามให้ครบถ้วนสมบูรณ์ตามความเข้าใจของนักเรียน

1. จงวาดภาพพร้อมทั้งเขียนอธิบายโครงสร้างของ DNA

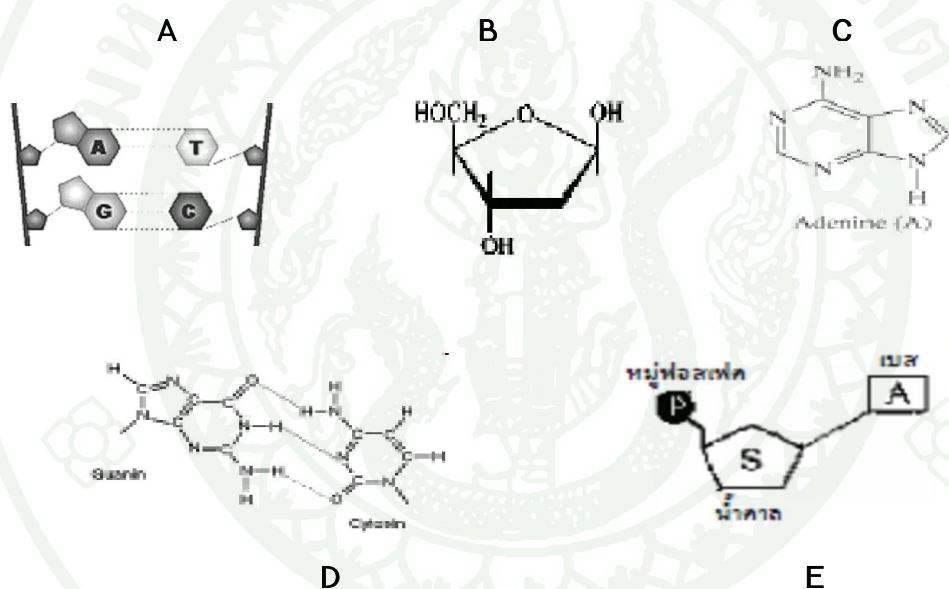


คำอธิบาย

ดีเอ็นเอมีลักษณะเป็นเกลียวคู่ (Double helix) เวียนขวาตามเข็มนาฬิกา

นาฬิกา ดีเอ็นเอเกิดจากสายโพลีนิวคลีโอไทด์ 2 สายจับกัน

2. จากภาพต่อไปนี้ ภาพใดบ้างที่แสดงองค์ประกอบทางเคมีของ DNA ที่สมบูรณ์ พร้อมทั้งระบุว่าแต่ละภาพแสดงองค์ประกอบทางเคมีอะไรบ้าง



นักเรียนคิดว่าภาพใดบ้างที่แสดงถึงองค์ประกอบทางเคมีของ DNA พร้อมทั้งอธิบาย

ภาพ A และ E เป็นภาพที่แสดงถึงองค์ประกอบทางเคมีของ DNA ซึ่งประกอบด้วยน้ำตาล ไนโตร

จีนัสเบสและหมู่ฟอสเฟต โดยภาพ A แสดงถึง นิวคลีโอไทด์ที่เป็นองค์ประกอบของ DNA 2

โมเลกุลและภาพ E แสดงนิวคลีโอไทด์ที่เป็นองค์ประกอบของ DNA 1 โมเลกุล

ชื่อ.....

ชั้น.....เลขที่.....

ผู้วิจัย นางมะลิวัลย์ ประทุมทอง

สาขาวิทยาศาสตร์ศึกษา

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์



บันทึกการสังเกตการสอนของผู้วิจัย

แผนการจัดเรียนรู้ที่.....เรื่อง.....วันที่.....

1. ผลของการจัดการเรียนการสอนในแต่ละขั้นของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

ขั้นสร้างความสนใจ

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นสำรวจและค้นหา

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

.....

.....

.....

.....

.....

ขั้นขยายความรู้

.....

.....

.....

บันทึกการสังเกตการณ์สอนของผู้วิจัย

แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง โครโมโซม วันที่ 11 ก.ย. 56

1. ผลของการจัดการเรียนการสอนในแต่ละขั้นของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

ขั้นสร้างความสนใจ

...ให้นักเรียนใช้คำถาม "โครโมโซมคืออะไรบ้าง?" เพื่อสร้างความสนใจและ...
 ...สร้างความสนใจและ... แต่พบว่านักเรียนไม่ได้ให้ความสนใจต่อ...
 ...ทบทวนสิ่งที่เรียนมาเกี่ยวกับโครโมโซม... พบว่านักเรียนให้ความสนใจ...
 ...กับภาพที่ครูให้ดูและพยายามหาคำตอบว่าภาพใดที่คล้ายกับโครโมโซม...
 ...ครูจึงนำภาพที่ครูให้ดูและพยายามหาคำตอบว่าภาพใดที่คล้ายกับโครโมโซม...
 ...แต่ครูได้รู้วิธีให้เรียนในที่สุด

ขั้นสำรวจและค้นหา

...นักเรียนกลุ่มละ 4-5 คน ทำตัวดี โดยนักเรียนร่วมกันทำกิจกรรม และแสดง...
 ...ความคิดเห็น...
 ...ที่นางกลุ่มมีการนำเสนอซึ่งกันและกันที่ไปถึงใจทั้งกับกิจกรรม... เช่น ปั่นจักรยาน

ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป

...ครูให้นักเรียนทุกคนออกมานำเสนอผลการทำกิจกรรม ซึ่งนักเรียนนำเสนอ...
 ...กลุ่มที่นำเสนอเกี่ยวกับโครโมโซม... โดยนักเรียนนำเสนอเกี่ยวกับโครโมโซม...
 ...เกี่ยวกับโครโมโซม... ทำให้นักเรียนที่ไม่ได้นำเสนอได้นำเสนอเสร็จแล้ว...
 ...ครูให้นักเรียนนำเสนอเกี่ยวกับโครโมโซม...
 ...นักเรียนนำเสนอเกี่ยวกับโครโมโซม... / sticker... ถ้าไม่มีก็ให้เวลาให้นักเรียน...
 ...จึงไม่ได้นำเสนอเกี่ยวกับโครโมโซม... ในการทบทวนความรู้

ขั้นขยายความรู้

...การอภิปรายระหว่างครูกับนักเรียนจึงได้ไป...
 ...

ภาพผนวกที่ 1 ตัวอย่างการบันทึกการสังเกตการณ์สอนของผู้วิจัยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องโครโมโซม

[illegible]

ภาพผนวกที่ 2 ตัวอย่างการบันทึกการสังเกตการสอนของผู้วิจัยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่องโครโมโซม

ประวัติการศึกษาและการทำงาน

ชื่อ – นามสกุล

นางมะลิวัลย์ ประทุมทอง

วัน เดือน ปี ที่เกิด

วันที่ 9 เดือนพฤศจิกายน พ.ศ. 2530

สถานที่เกิด

จังหวัดกรุงเทพมหานคร

ประวัติการศึกษา

ศึกษาศาสตรบัณฑิต (การสอนวิทยาศาสตร์)

เกียรตินิยมอันดับ 1

มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์

