


การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ระบบประสาทและความสามารถ
ในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5
โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้


จิรัชยา นาคราช

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต
สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา
คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
กรกฎาคม 2558
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

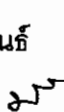
คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณา
วิทยานิพนธ์ของ จิรัชยา นาคราช จบนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์



.....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนวัฒน์ ตันติวรานุรักษ์)


..... อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ดร.เชษฐ ศิริสวัสดิ์)

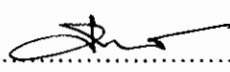
คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์


..... ประธาน

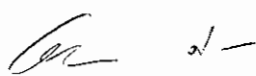
(รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาท เนืองเฉลิม)


..... กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนวัฒน์ ตันติวรานุรักษ์)


..... กรรมการ
(ดร.เชษฐ ศิริสวัสดิ์)


..... กรรมการ
(ดร.ศิริพรรณ บรรหาร)

คณะวิทยาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตาม
หลักสูตรวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาชีววิทยาศึกษา ของมหาวิทยาลัยบูรพา


..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เอกรัฐ ศรีสุข)

วันที่ 21 เดือน สิงหาคม..... พ.ศ. 2558

ทุนโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.)

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จเรียบร้อยด้วยดี เนื่องจากได้รับความกรุณาจาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ชนวัฒน์ ตันติวานุรักษ์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลักวิทยานิพนธ์ และ ดร. เชษฐ ศิริสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ซึ่งกรุณาแนะนำแนวทางในการศึกษาหาความรู้ ให้แนวคิด ให้คำปรึกษา ให้ความช่วยเหลือ สละเวลาตรวจสอบแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ตลอดจนให้กำลังใจมาโดยตลอดระยะเวลาในการทำวิจัย ผู้วิจัยมีความรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่งและขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้และขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.ประสาธน์ เนื่องเฉลิม ประธานการสอบ และดร. ศิริพรรณ บรรหาร ผู้ทรงคุณวุฒิภายใน ที่ได้ให้คำแนะนำเพิ่มเติมเพื่อความสมบูรณ์ของวิทยานิพนธ์

ขอขอบพระคุณ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัศนียา รัตนฤทัย นพรัตน์แจ่มจำรัส อาจารย์ปิยะวรรณ จันทร์สมบูรณ์ และอาจารย์อริสา ถุฑทรัพย์ ผู้ทรงคุณวุฒิที่กรุณาให้ความรู้ และตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย พร้อมทั้งให้คำแนะนำแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ส่งผลให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ถูกต้องและสมบูรณ์ยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการสถานศึกษา คณะครู และนักเรียน โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย นครปฐม (พระตำหนักสวนกุหลาบมัธยม) ตำบลศาลายา อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม ที่ให้ความร่วมมือเป็นอย่างดีในการทดลอง เก็บรวบรวมข้อมูล และหาคุณภาพของเครื่องมือเพื่อการวิจัยขอขอบพระคุณครอบครัว คณาจารย์ รุ่นพี่ และเพื่อนนิสิตปริญญาโท สาขาวิชาชีววิทยาศึกษาทุกคน ที่มีส่วนช่วยเหลือและให้กำลังใจเป็นอย่างดีตลอดมา

ขอขอบคุณทุนโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์ และคณิตศาสตร์ (สควค.) ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่สนับสนุนทุนการศึกษาจนจบการศึกษา

คุณค่าของงานวิจัยฉบับนี้ ขอบพระคุณเป็นเครื่องตอบแทนพระคุณบิดา มารดา ครู-อาจารย์ ทุกท่านและผู้มีพระคุณทุกท่านที่ได้อบรม สั่งสอนชี้แนะแนวทางให้เกิดความรู้ ความคิด สนับสนุน ให้ความช่วยเหลือและปรารถนาดีต่อผู้วิจัยมาโดยตลอด

จิรัชยา นาคราช

56920142: สาขาวิชา: ชีววิทยาศึกษา; วท.ม. (ชีววิทยาศึกษา)

คำสำคัญ: สืบเสาะหาความรู้/ การเรียนรู้แบบปกติ/ ระบบประสาท

จรัสยา นาคราช: การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องระบบประสาทและ
ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการ
จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (THE DEVELOPING CONCEPTIONS IN THE TOPIC OF
NERVOUS SYSTEM AND ABILITY OF INQUIRY-BASED SCIENTIFIC GRADE 11th
STUDENT'S SCIENTIFIC BY INQUIRY-BASED LEARNING) คณะกรรมการควบคุม
วิทยานิพนธ์: ชนวัฒน์ ตันติวรานุรักษ์, ประด., เชษฐ ศิริสวัสดิ์, กศด. 195 หน้า. ปี พ.ศ. 2558.

การวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการ
สืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา เรื่องระบบประสาท ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่
5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ กลุ่มที่ศึกษา
ได้แก่นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 จำนวน 80 คน โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัยนครปฐม
สังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษามัธยมศึกษา เขต 9 การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ใน
ส่วนที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องระบบประสาทและความสามารถในการ
สืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้ แบบทดสอบวัดแนวคิดเรื่องระบบประสาท
แบบทดสอบวัดความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติ
ANCOVA ผลการวิจัยพบว่า

1. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องระบบประสาท ของนักเรียนหลังเรียนที่ได้รับการ
จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สูงกว่ากับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทาง
สถิติที่ระดับ .05 โดยแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องระบบประสาท ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการ
เรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2. ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนหลังเรียนที่ได้รับการ
จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สูงกว่ากับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทาง
สถิติที่ระดับ .05 โดยความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนที่ได้รับการจัดการ
เรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มีค่าเฉลี่ยสูงกว่าที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

56920142: MAJOR: BIOLOGY EDUCATION; M.Sc. (BIOLOGY EDUCATION)

KEYWORDS: INQUIRY-BASED LEARNING/ CONVENTIONAL LEARNING/ NERVOUS SYSTEM

JIRATSAYA NAKHARACH: THE DEVELOPING CONCEPTIONS IN THE TOPIC OF NERVOUS SYSTEM AND ABILITY OF INQUIRY-BASED SCIENTIFIC GRADE 11th STUDENT'S SCIENTIFIC BY INQUIRY-BASED LEARNING. ADVISORY COMMITTEE: CHANAWAT TUNTIWARANURUK, Ph.D., CHADE SIRISAWAT, Ed.D. 195 P. 2015.

The purpose of this experimental research was to compare student ability and conception (understanding) of the topic of the nervous system comparing (i) inquiry-based learning and (ii) conventional learning methods. The participants of this study were 80 grade-11 students of an Kanjanapisek Wittayalai Nakhon Pathom school under the Office of Education Service Area 9. The research method was a comparison experiment where two sets of students were taught about the topic of nervous system test by each of the two methods. The data were statistically analysed by using the ANCOVA test. The findings of this research were as follows.

1. The level of conception about the topic of the nervous system was shown to be significantly higher for the student group taught by inquiry-based learning group (with a significance level of .05) than the group who underwent conventional learning.

2. The ability of the grade 11th student's scientific was shown to be higher at the .05 significance level by the group who were taught by conventional learning compared to those taught by inquiry-based learning.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	จ
สารบัญ	ฉ
สารบัญตาราง.....	ณ
สารบัญภาพ	ญ
บทที่	
1 บทนำ	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย.....	4
สมมติฐานของการวิจัย.....	4
กรอบแนวคิดในการวิจัย	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับจากการวิจัย	5
ขอบเขตการวิจัย	5
นิยามศัพท์.....	6
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	9
หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551	10
การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....	25
ความหมายของการสืบเสาะหาความรู้.....	25
ลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้.....	27
ประเภทของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้.....	32
บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และการส่งเสริมการสืบเสาะหาความรู้.....	44
การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน.....	59
แนวคิด.....	61
ความหมายของแนวคิด	61

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
แนวคิดทางวิทยาศาสตร์.....	62
แนวคิดคลาดเคลื่อน.....	64
การจัดกลุ่มแนวคิด.....	65
การวัดแนวคิด.....	67
แนวคิดเรื่องระบบประสาท.....	69
ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์.....	74
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง.....	76
3 วิธีดำเนินการวิจัย.....	82
ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง.....	82
รูปแบบการวิจัย.....	83
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	84
การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย.....	84
วิธีดำเนินการทดลองและการเก็บรวบรวมข้อมูล.....	100
การวิเคราะห์ข้อมูล.....	101
สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	101
4 ผลการวิจัย.....	105
สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล.....	105
การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	105
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล.....	106
5 สรุปและอภิปรายผล.....	109
สรุปผลการวิจัย.....	109
อภิปรายผล.....	110
ข้อเสนอแนะ.....	114
รายการอ้างอิง.....	116

สารบัญ (ต่อ)

บทที่	หน้า
ภาคผนวก.....	123
ภาคผนวก ก	124
ภาคผนวก ข.....	126
ภาคผนวก ค	142
ประวัติย่อผู้วิจัย.....	194

สารบัญญัตินี้

ตารางที่	หน้า
1	แสดงหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ระบบประสาท..... 22
2	ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และระดับ ของการสืบเสาะหาความรู้..... 31
3	บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้..... 45
4	บทบาทของนักเรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้..... 48
5	บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้..... 50
6	ลักษณะกิจกรรมส่งเสริมการสืบเสาะหาความรู้..... 55
7	แนวคิดเรื่องระบบประสาท..... 70
8.	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนและส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานของคะแนนสอบวิชาชีววิทยา..... 82
8	ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว..... 83
9	แบบแผนการทดลองแบบ The Pretest-Posttest Control Group Design..... 83
10	การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้และผลการเรียนรู้ สาระที่ 1 เรื่อง ระบบประสาท..... 85
11	การกำหนดจำนวนแบบทดสอบที่ต้องการให้สอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้ กับผลการเรียนรู้..... 89
12	วิเคราะห์เนื้อหาความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์..... 99
13	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนและส่วนเบี่ยงเบน มาตรฐานทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องระบบประสาท ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยกลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้ และกลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ..... 106
14	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องระบบประสาทของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มทดลองที่ได้รับ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการ เรียนรู้แบบปกติ..... 106

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่	หน้า
15	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยกลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และกลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 107
16	ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ 108

สารบัญภาพ

ภาพที่	หน้า
1 กรอบแนวคิดการวิจัย	4
2 องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้	39
3 แสดงกิจกรรมขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้	42
4 แสดงกิจกรรมขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น	44

บทที่ 1

บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

วิทยาศาสตร์มีบทบาทสำคัญยิ่งในสังคมโลกปัจจุบันและอนาคต เพราะวิทยาศาสตร์เกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการทำงานอาชีพต่าง ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดเป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าหาความรู้ มีความสามารถในการแก้ปัญหาอย่างเป็นระบบได้ ดังนั้นทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้น สามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล และมีคุณธรรม (สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน, 2551) การมีความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ถือว่าสำคัญมาก ซึ่งทางสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์พยายามส่งเสริมให้ทุกคนได้รับการพัฒนาด้านวิทยาศาสตร์มากขึ้น เพื่อให้เข้าใจธรรมชาติและสิ่งต่าง ๆ และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้ต่อไป (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546) ดังนั้นการจัดการศึกษาด้านวิทยาศาสตร์จึงมีเป้าหมายเพื่อพัฒนาให้ผู้เรียนเป็นผู้รู้วิทยาศาสตร์เพื่อสามารถนำความรู้ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวันได้ โดยเฉพาะในวิชาชีววิทยา ซึ่งเป็นวิทยาศาสตร์แขนงหนึ่งที่มีความสำคัญและเกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตทุกชนิดโดยเฉพาะมนุษย์ อีกทั้งทางการแพทย์ ด้านสุขภาพ นิติวิทยาศาสตร์ อุสาหกรรมอาหาร และอุตสาหกรรมยา ฯลฯ ซึ่งล้วนเป็นสิ่งจำเป็นต่อการดำรงชีวิตทั้งสิ้น และทั้งหมดนี้ต้องอาศัยความรู้และหลักการทางชีววิทยา จึงถือได้ว่าวิชาชีววิทยาเป็นสาขาหนึ่งที่มีความสำคัญ ซึ่งการศึกษาชีววิทยาเป็นการศึกษาสิ่งมีชีวิตและมีการศึกษากลไกการทำงานภายในมากมาย จึงทำให้วิชาชีววิทยามีความซับซ้อนมากยิ่งขึ้น ดังนั้นเนื้อหาของชีววิทยาจึงมีความสำคัญมากกับนักเรียน นักเรียนจึงต้องมีความรู้ ความเข้าใจในหลักการ ทฤษฎีขั้นพื้นฐานที่ถูกต้อง จึงจะสามารถนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ต่อไปได้อย่างถูกต้อง

จากผลการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (Ordinary National Educational Test: O-NET) ปีการศึกษา 2556 ซึ่งเป็นการวัดผลระดับประเทศ ที่มีวัตถุประสงค์ คือ การทดสอบความรู้และความคิดของนักเรียนในระดับชั้น ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 และชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนยังมีคะแนนเฉลี่ยในรายวิชาวิทยาศาสตร์ต่ำกว่า 50 เปอร์เซนต์ ในชั้นมัธยมศึกษาปี

ที่ 3 มีคะแนนเฉลี่ย 35.37 และในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนเฉลี่ย 35.10 (สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ, 2556) แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนการสอนด้านวิทยาศาสตร์ของประเทศไทยยังต้องได้รับการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง เพื่อพัฒนาให้ทัดเทียมนานาชาติ จากการศึกษาวัตถุประสงค์ ลักษณะของข้อสอบ O-NET และจากนโยบายของโรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย นครปฐม(พระตำหนักสวนกุหลาบมัธยม) รวมถึงข้อมูลจากการศึกษาชั้นเรียนของนักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 วิชาชีววิทยา พบว่านักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนเนื่องจากนักเรียนได้รับความรู้จากหลายแหล่งข้อมูลเช่น การเรียนในโรงเรียนกวดวิชา สถาบันต่าง ๆ อินเทอร์เน็ต เป็นต้น และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้เรียน จะได้รับมาจากการสอนแบบบรรยาย การอ่าน และการดูวิดีโอทัศน์ ซึ่งเป็นการเรียนแบบท่องจำจากบทเรียนมากกว่าการเรียนรู้แบบนักวิทยาศาสตร์ จากแหล่งข้อมูลที่หลากหลายและรูปแบบการเรียนแบบบรรยาย ทำให้นักเรียนมีแนวคิดบางส่วนไม่ตรงกัน ส่งผลให้นักเรียนเกิดความสับสนและเกิดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนได้

จากประสบการณ์ในการสอนวิชาชีววิทยา ในระดับมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 พบว่ามีเนื้อหาที่สำคัญหลายเรื่องซึ่งหนึ่งในนั้นคือเรื่องระบบประสาท โดยผู้วิจัยสนใจที่จะศึกษาแนวคิดของนักเรียนในวิชาชีววิทยาเรื่องระบบประสาท เพราะเป็นเรื่องที่เกี่ยวข้องกับสิ่งมีชีวิตและมนุษย์โดยตรง และเมื่อผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์หลักสูตรในหน่วยการเรียนรู้พบว่าเรื่องระบบประสาท มีเนื้อหามาก มีแนวคิดหลักหลายแนวคิดซึ่งต้องส่งเสริมให้นักเรียนมีความเข้าใจที่ถูกต้องมากขึ้น และจากสาเหตุที่กล่าวมาอาจทำให้ผู้เรียนเกิดแนวคิดที่คลาดเคลื่อนได้ (สสวท., 2549) และสอดคล้องกับงานวิจัยของ ประภัสสร บุญทวีกุลสวัสดิ์ (2553) ที่พบแนวคิดคลาดเคลื่อนในหัวข้อ (1) การเกิดกระแสประสาท (2) การเกิดการเคลื่อนที่ของกระแสประสาท (3) การเคลื่อนที่ของกระแสประสาทในเซลล์ประสาทที่มีเยื่อไมอีลินหุ้มและไม่มีเยื่อไมอีลินหุ้มและจากงานวิจัยพบว่าการเกิดแนวคิดจะเป็นการรับรู้ที่อาศัยประสบการณ์เดิมและควบคู่กับการเรียนรู้โดยได้รับประสบการณ์ใหม่พร้อมทั้งการเรียนรู้แบบที่นักวิทยาศาสตร์เป็น

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นแนวทางหนึ่งที่มีความสอดคล้องอย่างชัดเจนในการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ การให้เหตุผลเพื่อพัฒนาแนวคิด และความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการค้นหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หรือกิจกรรมหรือวิธีการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ปฏิบัติและเรียนรู้เพื่อพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสิ่งสำคัญของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ก็คือการให้โอกาสนักเรียนได้ใช้

ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสำรวจตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลหรือหลักฐานต่าง ๆ มาเพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติหรือแก้ปัญหาโดยผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถามเกิดความคิดและลงมือแสวงหาความรู้ (ทีศนา แซมณี, 2557) สอดคล้องกับงานวิจัยของ ไตรรัตน์ รัตนเดช (2551) การพัฒนาแนวคิดเรื่องการหายใจระดับเซลล์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ จิตติมา ดมหมอม (2553) ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ต่อการพัฒนาแนวคิดและเจตคติเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์ (2553) การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับระบบต่อมไร้ท่อและความเข้าใจธรรมชาติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ประภัสสร บุญทวีกุลสวัสดิ์ (2553) การพัฒนาแนวคิดเรื่องการรับรู้และการตอบสนองของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโดยการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ จุฑารัตน์ แต่งอ่อน (2554) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเพื่อพัฒนาแนวคิดเรื่องสมบัติของสาร ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 กนกวรรณ แปงใจ (2555) การพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หน่วยการเรียนรู้เรื่องธรณีพิบัติภัยโดยการจัดการกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ ซึ่งต่างพบว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถพัฒนาแนวคิดได้ทุกแนวคิดและมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนและอยู่ในเกณฑ์ที่ดีมาก จากลักษณะและความสำคัญรวมทั้งงานวิจัยที่ผ่านมาแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถส่งเสริมให้ผู้เรียนได้มีโอกาสพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ควบคู่กันไป

ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยมีเนื้อหาเรื่องระบบประสาทและสอดคล้องความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีการจัดกระบวนการเรียนการสอนแบบนักวิทยาศาสตร์มาให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ และเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้สะท้อนการเรียนรู้ของตนเอง เพื่อเปรียบเทียบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องระบบประสาทและความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ไปใช้ในการดำรงชีวิตและอยู่ในโลกสมัยใหม่ซึ่งเป็นสังคมแห่งการเรียนรู้ได้อย่างมีความสุข

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

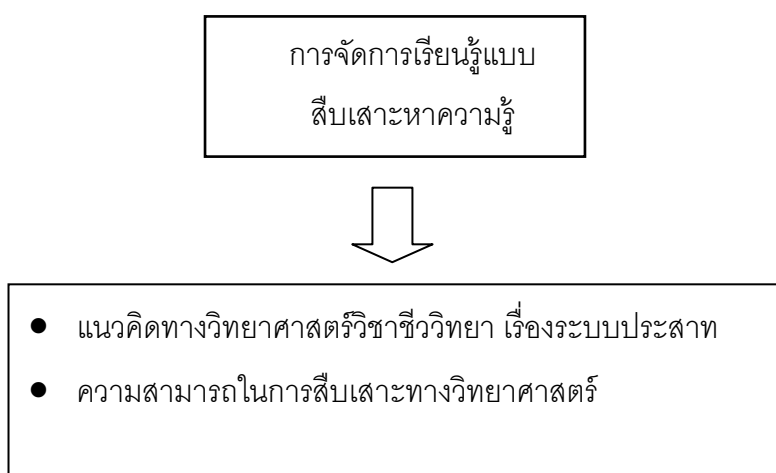
เพื่อเปรียบเทียบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา เรื่องระบบประสาท ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

สมมติฐานของการวิจัย

1. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบประสาท ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
2. ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

กรอบแนวคิด

ในการวิจัยครั้งนี้สามารถนำเสนอกรอบความคิดในการวิจัยดังนี้



ภาพที่ 1-1 กรอบความคิดในการวิจัย

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้แผนการจัดการเรียนรู้จากการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่องระบบประสาท ที่จะช่วยให้ นักเรียนสามารถพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสืบเสาะทาง วิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้เพิ่มขึ้นได้
2. เป็นแนวทางสำหรับครูผู้สอนในการนำผลการวิจัยไปใช้ในการจัดการเรียนรู้ที่ได้ ไปประยุกต์ใช้ในวิชาชีววิทยาเรื่องอื่น ๆ ได้
3. นักวิทยาศาสตร์ศึกษาและหน่วยงานที่เกี่ยวข้องสามารถนำผลการวิจัยไปเป็น แนวทางในการพัฒนาครูวิทยาศาสตร์ให้มีความรู้ความเข้าใจในการจัดการเรียนรู้ที่สามารถพัฒนา แนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัยไว้ดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
 - 1.1 ประชากรที่ใช้ในการทำวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนแผนการเรียนที่เน้น วิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัยนครปฐม (พระ ตำนกสวนกุหลาบมัธยม) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 3 ห้องเรียน รวมนักเรียน ทั้งหมด 120 คน
 - 1.2 กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียน กาญจนาภิเษกวิทยาลัยนครปฐม (พระตำหนักสวนกุหลาบมัธยม) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 2 ห้องเรียน กำหนดให้ห้องเรียนที่ 1 จำนวน 40 คน เป็นกลุ่มควบคุม และ ห้องเรียน ที่ 2 จำนวน 40 คน เป็นกลุ่มทดลอง รวมนักเรียนทั้งหมด 80 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster Random Sampling)
 - 1.2.1 กลุ่มควบคุม จำนวน 40 คน จัดการเรียนรู้แบบปกติ
 - 1.2.2 กลุ่มทดลอง จำนวน 40 คน จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
2. ตัวแปรที่ศึกษา
 - 2.1 ตัวแปรอิสระคือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และการจัดการเรียนรู้ แบบปกติ

2.2 ตัวแปรตามคือ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ เนื้อหาวิชาชีววิทยา เรื่องระบบประสาท ในวิชาชีววิทยา ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ซึ่งครอบคลุมแนวคิดหลัก ดังนี้

3.1 การรับรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิด

3.2 เซลล์ประสาท

3.3 การทำงานของเซลล์ประสาท

3.4 โครงสร้างของระบบประสาท

3.5 การทำงานของระบบประสาทสั่งการของระบบประสาทรอบนอก (PNS)

4. ระยะเวลาดำเนินการวิจัย ผู้วิจัยดำเนินการวิจัยในการเก็บรวบรวมข้อมูลตั้งแต่ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 ใช้เวลาในการทดลอง 15 คาบ คาบละ 50 นาที โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้และเก็บรวบรวมข้อมูล

นิยามศัพท์

1. ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์หมายถึงความสามารถในการใช้กระบวนการสืบเสาะในการค้นคว้าหาความรู้ โดยประเมินความสามารถของนักเรียน ดังนี้
ความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้ ความสามารถในการออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน ความสามารถในการอธิบายผลการทดลอง ความสามารถในการอภิปรายผลการทดลอง และความสามารถในการนำเสนอผลจากการทดลอง ซึ่งสามารถวัดได้จากแบบวัดความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ เป็นวิธีการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ปฏิบัติและเรียนรู้เพื่อพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จิตวิทยาศาสตร์ โดยเน้นการสังเกต การให้ผู้เรียนได้ฝึกปฏิบัติ แสวงหาความรู้ การตั้งคำถาม การคาดคะเนคำตอบ การตรวจสอบและวิเคราะห์ข้อมูล การสรุปผลและนำไปใช้ และสิ่งสำคัญของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ก็คือการให้โอกาสนักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสำรวจตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลหรือหลักฐานต่าง ๆ มา เพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติหรือแก้ปัญหาใช้แบบ 5 ขั้น โดยมีขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัยหรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้นหรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนมา แล้วเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่เป็นประเด็นน่าสนใจ ครูอาจให้การศึกษาลักษณะต่าง ๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจและนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการให้ศึกษา จึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษา ให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น อาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้ประสบการณ์เดิมหรือความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่จะช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้นและมีแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้วก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อเสนอหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์ เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้วจึงนำข้อมูล ข้อเสนอที่ได้อธิบายวิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์หรือรูปวาด สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ได้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่า นักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไรและมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

3. แบบทดสอบวัดแนวคิดเรื่องระบบประสาท หมายถึงข้อคำถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อใช้วัดแนวคิดของนักเรียน ประกอบด้วยเนื้อหาที่ต้องการวัดดังนี้ การรับรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิด เซลล์ประสาท การทำงานของเซลล์ประสาท ศูนย์ควบคุมระบบประสาท และการทำงานของระบบประสาทนี้ เป็นแบบเขียนตอบจำนวน 14 ข้อ (เกณฑ์การประเมินแบบ Rubirc) ซึ่งแบบทดสอบมีลักษณะเป็นแบบทดสอบคำถามปลายเปิด (Essay items) ในการประเมินแนวคิดของนักเรียน เพื่อเปิดโอกาสให้นักเรียนตอบตามความคิดความเข้าใจของตนเอง โดยให้นักเรียนตอบอย่างอิสระ และให้นักเรียนใช้ภาษาของตนเองอธิบายในสิ่งที่นักเรียนเลือกตอบในข้อนั้น ซึ่งทำให้เข้าใจความคิดของนักเรียนได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน

4. แบบทดสอบวัดความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงข้อคำถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อใช้วัดความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน เป็นแบบเขียนตอบจำนวน 5 ข้อ (โดยมีเกณฑ์การประเมินแบบ Rubirc) ซึ่งเป็นไปตามการสะท้อนลักษณะสำคัญของ Scientific Inquiry 5 ประการ อันได้แก่ ผู้เรียนเกิดความสนใจที่จะสืบเสาะหาความรู้ จากคำถามทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนให้ความสำคัญกับหลักฐานที่นำไปสู่การสร้างและตรวจสอบ คำอธิบาย ผู้เรียนสร้างคำอธิบายจากหลักฐานหรือข้อมูลเพื่อตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียน ประเมินคำอธิบายของตนเชื่อมโยงกับคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ ผู้เรียนสื่อสารคำอธิบายทาง วิทยาศาสตร์และสามารถให้เหตุผลคำอธิบายเหล่านั้นได้

ซึ่งประกอบด้วยคำถามดังนี้

- ความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้
- ความสามารถในการออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน
- ความสามารถในการอธิบายผลการทดลอง
- ความสามารถในการอภิปรายผลการทดลอง
- ความสามารถในการนำเสนอผลจากการทดลอง

บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเพื่อพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องระบบประสาท และความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ต้องอาศัยข้อมูลเป็นกรอบในการทำวิจัย ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องและนำมาเรียบเรียงตามลำดับ ดังต่อไปนี้

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551
2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
 - 2.1 ความหมายของการสืบเสาะหาความรู้
 - 2.2 ลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้
 - 2.3 ประเภทของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
 - 2.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการส่งเสริมการสืบเสาะหาความรู้
 - 2.5 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน
3. แนวคิด
 - 3.1 ความหมายของแนวคิด
 - 3.2 แนวคิดทางวิทยาศาสตร์
 - 3.3 แนวคิดที่คลาดเคลื่อน
 - 3.4 การจัดกลุ่มแนวคิด
 - 3.5 การวัดแนวคิด
 - 3.6 แนวคิดเรื่องระบบประสาท
4. ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์
5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง
 - 5.1 งานวิจัยภายในประเทศ
 - 5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

1. หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551

1.1 วิสัยทัศน์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนทุกคนซึ่งเป็นกำลังของชาติ ให้เป็นมนุษย์ที่มีความสมดุลทั้งด้านร่างกาย ความรู้ คุณธรรม มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและเป็นพลโลก ยึดมั่นในการปกครองตามระบอบประชาธิปไตย อันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข มีความรู้และทักษะพื้นฐาน รวมทั้งเจตคติที่จำเป็นต่อการศึกษต่อการศึกษาประกอบอาชีพและการศึกษาตลอดชีวิต โดยมุ่งเน้นผู้เรียนเป็นสำคัญบนพื้นฐานความเชื่อว่าทุกคนสามารถเรียนรู้และพัฒนาตนเองได้เต็มตามศักยภาพ

1.2 หลักการ

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มีหลักการที่สำคัญ ดังนี้

- 1.2.1 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อความเป็นเอกภาพของชาติ มีจุดหมายและมาตรฐานการเรียนรู้เป็นเป้าหมายสำหรับพัฒนาเด็กและเยาวชนให้มีความรู้ ทักษะ เจตคติ และคุณธรรมบนพื้นฐานของความเป็นไทยควบคู่กับความเป็นสากล
- 1.2.2 เป็นหลักสูตรการศึกษาเพื่อปวงชน ที่ประชาชนทุกคนมีโอกาสได้รับการศึกษาอย่างเสมอภาค และมีคุณภาพ
- 1.2.3 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่สนองการกระจายอำนาจ ให้สังคมมีส่วนร่วมในการจัดการศึกษาให้สอดคล้องกับสภาพและความต้องการของท้องถิ่น
- 1.2.4 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่มีโครงสร้างยืดหยุ่นทั้งด้านสาระการเรียนรู้ เวลาและการจัดการเรียนรู้
- 1.2.5 เป็นหลักสูตรการศึกษาที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ
- 1.2.6 เป็นหลักสูตรการศึกษาสำหรับการศึกษาในระบบ นอกระบบและตามอัธยาศัยครอบคลุมทุกกลุ่มเป้าหมาย สามารถเทียบโอนผลการเรียนรู้ และประสบการณ์

1.3 จุดหมาย

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้เป็นคนดี มีปัญญา มีความสุข มีศักยภาพในการศึกษาต่อและประกอบอาชีพ จึงกำหนดเป็นจุดหมายเพื่อให้เกิดกับผู้เรียนเมื่อจบการศึกษาขั้นพื้นฐาน ดังนี้

- 1.3.1 มีคุณธรรมจริยธรรมและค่านิยมที่พึงประสงค์ เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัยและปฏิบัติตนตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนาหรือศาสนาที่ตนนับถือ ยึดหลักปรัชญาของเศรษฐกิจพอเพียง

1.3.2 มีความรู้ ความสามารถในการสื่อสาร การคิด การแก้ปัญหา การใช้เทคโนโลยี และมีทักษะชีวิต

1.3.3 มีสุขภาพกายและสุขภาพจิตที่ดี มีสุขนิสัยและรักการออกกำลังกาย

1.3.4 มีความรักชาติ มีจิตสำนึกในความเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ยึดมั่นในวิถีชีวิตและการปกครองตามระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์ทรงเป็นประมุข

1.3.5 มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์วัฒนธรรมและภูมิปัญญาไทย การอนุรักษ์และพัฒนาสิ่งแวดล้อม มีจิตสาธารณะที่มุ่งทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามในสังคมและอยู่ร่วมกันในสังคมอย่างมีความสุข

1.4 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนและคุณลักษณะอันพึงประสงค์

ในการพัฒนาผู้เรียนตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งเน้นพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณภาพตามมาตรฐานที่กำหนด ซึ่งจะช่วยให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญและคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ดังนี้

1.4.1 สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งให้ผู้เรียนเกิดสมรรถนะสำคัญ 5 ประการ ดังนี้

1.4.1.1 **ความสามารถในการสื่อสาร** เป็นความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาถ่ายทอดความคิดความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึก และทัศนคติของตนเอง เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรองเพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ การเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสาร ที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่มีต่อตนเองและสังคม

1.4.1.2 **ความสามารถในการคิด** เป็นความสามารถในการคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ การคิดอย่างสร้างสรรค์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณและการคิดเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

1.4.1.3 **ความสามารถในการแก้ปัญหา** เป็นความสามารถในการแก้ปัญหา และอุปสรรคต่าง ๆ ที่เผชิญได้อย่างถูกต้องเหมาะสมบนพื้นฐานของหลักเหตุผล คุณธรรมและข้อมูลสารสนเทศ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม แสวงหาความรู้ ประยุกต์ความรู้มาใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหาและมีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม

1.4.1.4 ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต เป็นความสามารถในการนำกระบวนการต่าง ๆ ไปใช้ในการดำเนินชีวิตประจำวัน การเรียนรู้ด้วยตนเอง การเรียนรู้อย่างต่อเนื่อง การทำงานและการอยู่ร่วมกันในสังคมด้วยการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล การจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่าง ๆ อย่างเหมาะสม การปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคมและสภาพแวดล้อม และการรู้จักหลีกเลี่ยงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่ส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

1.4.1.5 ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี เป็นความสามารถในการเลือกและใช้เทคโนโลยีด้านต่าง ๆ และมีทักษะกระบวนการทางเทคโนโลยี เพื่อการพัฒนาตนเองและสังคม ในด้านการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงาน การแก้ปัญหาอย่างสร้างสรรค์ ถูกต้อง เหมาะสม และมีคุณธรรม

1.4.2 คุณลักษณะอันพึงประสงค์

หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน มุ่งพัฒนาผู้เรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ เพื่อให้สามารถอยู่ร่วมกับผู้อื่นในสังคมได้อย่างมีความสุข ในฐานะเป็นพลเมืองไทยและพลโลก ดังนี้

1.4.2.1 รักชาติ ศาสน์ กษัตริย์

1.4.2.2 ซื่อสัตย์สุจริต

1.4.2.3 มีวินัย

1.4.2.4 ใฝ่เรียนรู้

1.4.2.5 อยู่อย่างพอเพียง

1.4.2.6 มุ่งมั่นในการทำงาน

1.4.2.7 รักความเป็นไทย

1.4.2.8 มีจิตสาธารณะ

นอกจากนี้ สถานศึกษาสามารถกำหนดคุณลักษณะอันพึงประสงค์เพิ่มเติมให้สอดคล้องตามบริบทและจุดเน้นของตนเอง

1.5 มาตรฐานการเรียนรู้

การพัฒนาผู้เรียนให้เกิดความสมดุล ต้องคำนึงถึงหลักพัฒนาการทางสมองและ

พหุปัญญา หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน จึงกำหนดให้ผู้เรียนเรียนรู้ 8 กลุ่มสาระการเรียนรู้ ดังนี้

1. ภาษาไทย
2. คณิตศาสตร์
3. วิทยาศาสตร์
4. สังคมศึกษา ศาสนา และวัฒนธรรม
5. สุขศึกษาและพลศึกษา
6. ศิลปะ
7. การงานอาชีพและเทคโนโลยี
8. ภาษาต่างประเทศ

1.6 ตัวชี้วัด

ตัวชี้วัดระบุสิ่งที่นักเรียนพึงรู้และปฏิบัติได้ รวมทั้งคุณลักษณะของผู้เรียนในแต่ละระดับชั้นซึ่งสะท้อนถึงมาตรฐานการเรียนรู้ มีความเฉพาะเจาะจงและมีความเป็นรูปธรรม นำไปใช้ในการกำหนดเนื้อหา จัดทำหน่วยการเรียนรู้จัดการเรียนการสอน และเป็นเกณฑ์สำคัญสำหรับการวัดประเมินผลเพื่อตรวจสอบคุณภาพผู้เรียน

1.6.1 ตัวชี้วัดชั้นปีเป็นเป้าหมายในการพัฒนาผู้เรียนแต่ละชั้นปีในระดับการศึกษาภาคบังคับ (ประถมศึกษาปีที่ 1- มัธยมศึกษาปีที่ 3)

1.6.2 ตัวชี้วัดช่วงชั้นเป็นเป้าหมายในการพัฒนาผู้เรียนในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (มัธยมศึกษาปีที่ 4-6)

1.7 กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลายให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยได้กำหนดสาระสำคัญไว้ดังนี้

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่

สาระที่ 5 พลังงาน

สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

สาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี

1.8 คุณลักษณะที่มุ่งหวังให้เกิดกับผู้เรียนในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มุ่งหวังให้ผู้เรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ และการแก้ปัญหาที่หลากหลาย ให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุกขั้นตอน มีการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย เหมาะสมกับระดับชั้น โดยได้กำหนดสาระสำคัญไว้ดังนี้

1.8.1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต สิ่งมีชีวิต หน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต โครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต และกระบวนการดำรงชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การถ่ายทอดทางพันธุกรรม การทำงานของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิต วิวัฒนาการและความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต และเทคโนโลยีชีวภาพ

1.8.2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม สิ่งมีชีวิตที่หลากหลายรอบตัว ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตกับสิ่งแวดล้อม ความสัมพันธ์ของสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ ความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้และจัดการทรัพยากรธรรมชาติ ในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลก ปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิตในสภาพแวดล้อมต่าง ๆ

1.8.3 สารและสมบัติของสาร สมบัติของวัสดุและสาร แรงแยัดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค การเปลี่ยนสถานะ การเกิดสารละลายและการเกิดปฏิกิริยาเคมีของสาร สมการเคมี และการแยกสาร

1.8.4 แรงแและการเคลื่อนที่ ธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง แรงนิวเคลียร์ การออกแรงกระทำต่อวัตถุ การเคลื่อนที่ของวัตถุ แรงเสียดทาน โมเมนต์การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน

1.8.5 พลังงาน พลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน สมบัติและปรากฏการณ์ของแสง เสียง และวงจรไฟฟ้า คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสีและปฏิกิริยานิวเคลียร์ ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงานการอนุรักษ์พลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

1.8.6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก โครงสร้างและองค์ประกอบของโลก ทรัพยากรทางธรณี สมบัติทางกายภาพของดิน หิน น้ำ อากาศ สมบัติของผิวโลก และบรรยากาศ

กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก ปรัชญาการดำรงชีวิต ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ

1.8.7 ดาราศาสตร์และอวกาศ วิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี เอกภพ

ปฏิสัมพันธ์และผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก ความสัมพันธ์ของดวงอาทิตย์ ดวงจันทร์ และโลก ความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ

1.8.8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ การสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา และจิตวิทยาศาสตร์

1.9 มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาระดับพื้นฐานสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

มาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นข้อกำหนดคุณภาพของผู้เรียนด้านความรู้ความคิด ทักษะกระบวนการเรียนรู้ คุณธรรมจริยธรรม และค่านิยม ซึ่งเป็นจุดมุ่งหมายที่จะพัฒนาผู้เรียน ให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ประกอบด้วยมาตรฐานการเรียนรู้ การศึกษาระดับพื้นฐานสำหรับนักเรียนทุกคน เมื่อจบการศึกษาระดับพื้นฐานและมาตรฐานการเรียนรู้ ช่วงชั้นสำหรับนักเรียนทุกคน เมื่อจบการศึกษาในแต่ละช่วงชั้น มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาระดับพื้นฐานของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีดังนี้

สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

มาตรฐาน ว 1.2 เข้าใจกระบวนการและความสำคัญของการถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายทางชีวภาพ การใช้เทคโนโลยีชีวภาพที่มีผลกระทบต่อมนุษย์และสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 2 ชีวิตกับสิ่งแวดล้อม

มาตรฐาน ว 2.1 เข้าใจสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งแวดล้อมกับสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในระบบนิเวศ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 2.2 เข้าใจความสำคัญของทรัพยากรธรรมชาติ การใช้ทรัพยากรธรรมชาติในระดับท้องถิ่น ประเทศ และโลกนำความรู้ไปใช้ในการจัดการทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่นอย่างยั่งยืน

สาระที่ 3 สารและสมบัติของสาร

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 3.2 เข้าใจหลักการและธรรมชาติของการเปลี่ยนแปลงสถานะของสาร การเกิดสารละลายการเกิดปฏิกิริยา มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 4 แรงและการเคลื่อนที่

มาตรฐาน ว 4.1 เข้าใจธรรมชาติของแรงแม่เหล็กไฟฟ้า แรงโน้มถ่วง และแรงนิวเคลียร์ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างถูกต้องและมีคุณธรรม

มาตรฐาน ว 4.2 เข้าใจลักษณะการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ของวัตถุในธรรมชาติ มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 5 พลังงาน

มาตรฐาน ว 5.1 เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างพลังงานกับการดำรงชีวิต การเปลี่ยนรูปพลังงาน ปฏิสัมพันธ์ระหว่างสารและพลังงาน ผลของการใช้พลังงานต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 6 กระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลก

มาตรฐาน ว 6.1 เข้าใจกระบวนการต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นบนผิวโลกและภายในโลก ความสัมพันธ์ของกระบวนการต่าง ๆ ที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงภูมิอากาศ ภูมิประเทศ และสิ่งแวดล้อมของโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

สาระที่ 7 ดาราศาสตร์และอวกาศ

มาตรฐาน ว 7.1 เข้าใจวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซีและเอกภพ การปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะและผลต่อสิ่งมีชีวิตบนโลก มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ การสื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 7.2 เข้าใจความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศที่นำมาใช้ในการสำรวจอวกาศ และทรัพยากรธรรมชาติด้านการเกษตรและการสื่อสาร มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์อย่างมีคุณธรรมต่อชีวิตและสิ่งแวดล้อม

สาระที่ 8 ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอนสามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

1.10 คุณภาพผู้เรียนระดับมัธยมศึกษา

1.10.1 จบชั้นมัธยมศึกษาปีที่3

- เข้าใจลักษณะและองค์ประกอบที่สำคัญของเซลล์สิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของการทำงานของระบบต่าง ๆ การถ่ายทอดลักษณะทางพันธุกรรม เทคโนโลยีชีวภาพ ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิต พฤติกรรมและการตอบสนองต่อสิ่งเร้าของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งมีชีวิตในสิ่งแวดล้อม
- เข้าใจองค์ประกอบและสมบัติของสารละลาย สารบริสุทธิ์ การเปลี่ยนแปลงของสารในรูปแบบของการเปลี่ยนสถานะ การเกิดสารละลายและการเกิดปฏิกิริยาเคมี
- เข้าใจแรงเสียดทาน โมเมนต์ของแรง การเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ ในชีวิตประจำวัน กฎการอนุรักษ์พลังงาน การถ่ายโอนพลังงาน สมดุลความร้อน การสะท้อน การหักเหและความเข้มของแสง
- เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณทางไฟฟ้า หลักการต่อวงจรไฟฟ้าในบ้าน พลังงานไฟฟ้าและหลักการเบื้องต้นของวงจรอิเล็กทรอนิกส์
- เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงของเปลือกโลก แหล่งทรัพยากรธรณี ปัจจัยที่มีผลต่อการเปลี่ยนแปลงของบรรยากาศ ปฏิสัมพันธ์ภายในระบบสุริยะ และผลที่มีต่อสิ่งต่าง ๆ บนโลก ความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ
- เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างวิทยาศาสตร์กับเทคโนโลยี การพัฒนาและผลของ

การพัฒนาเทคโนโลยีต่อคุณภาพชีวิตและสิ่งแวดล้อม

- ตั้งคำถามที่มีการกำหนดและควบคุมตัวแปร คิดคาดคะเนคำตอบหลายแนวทาง วางแผนและลงมือสำรวจตรวจสอบ วิเคราะห์และประเมินความสอดคล้องของข้อมูล และสร้าง องค์ความรู้
- สื่อสารความคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบโดยการพูด เขียน จัดแสดง หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ
- ใช้ความรู้และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีในการดำรงชีวิต การศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงการหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ
- แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ รอบคอบ และซื่อสัตย์ในการสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้ เครื่องมือและวิธีการที่ให้ได้ผลถูกต้องเชื่อถือได้
- ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน และการประกอบอาชีพ แสดงความชื่นชม ยกย่องและเคารพสิทธิในผลงานของผู้คิดค้น
- แสดงถึงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และรักษา ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า มีส่วนร่วมในการพิทักษ์ ดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมในท้องถิ่น
- ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็นของตนเองและยอมรับ ฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

1.10.2 จบชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

- เข้าใจการรักษาคุณภาพของเซลล์และกลไกการรักษาคุณภาพของสิ่งมีชีวิต
- เข้าใจกระบวนการถ่ายทอดสารพันธุกรรม การแปรผัน มิวเทชัน วิวัฒนาการของสิ่งมีชีวิต ความหลากหลายของสิ่งมีชีวิตและปัจจัยที่มีผลต่อการอยู่รอดของสิ่งมีชีวิต ในสิ่งแวดล้อมต่างๆ
- เข้าใจกระบวนการ ความสำคัญและผลของเทคโนโลยีชีวภาพต่อมนุษย์ สิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
- เข้าใจชนิดของอนุภาคสำคัญที่เป็นส่วนประกอบในโครงสร้างอะตอม การจัดเรียงธาตุในตารางธาตุ การเกิดปฏิกิริยาเคมีและเขียนสมการเคมี ปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการเกิดปฏิกิริยาเคมี
- เข้าใจชนิดของแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาคและสมบัติต่าง ๆ ของสารที่มีความสัมพันธ์กับแรงยึดเหนี่ยว

- เข้าใจการเกิดปิโตรเลียม การแยกแก๊สธรรมชาติและการกลั่นลำดับส่วน น้ำมันดิบ การนำผลิตภัณฑ์ปิโตรเลียมไปใช้ประโยชน์และผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
- เข้าใจชนิด สมบัติ ปฏิกริยาที่สำคัญของพอลิเมอร์และสารชีวโมเลกุล
- เข้าใจความสัมพันธ์ระหว่างปริมาณที่เกี่ยวข้องกับการเคลื่อนที่แบบต่าง ๆ สมบัติของคลื่นกล คุณภาพของเสียงและการได้ยิน สมบัติ ประโยชน์และโทษของคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า กัมมันตภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์
- เข้าใจกระบวนการเปลี่ยนแปลงของโลกและปรากฏการณ์ทางธรณีที่มีผลต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งแวดล้อม
- เข้าใจการเกิดและวิวัฒนาการของระบบสุริยะ กาแล็กซี เอกภพและความสำคัญของเทคโนโลยีอวกาศ
- เข้าใจความสัมพันธ์ของความรู้วิทยาศาสตร์ที่มีผลต่อการพัฒนาเทคโนโลยีประเภทต่าง ๆ และการพัฒนาเทคโนโลยีที่ส่งผลให้มีการคิดค้นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ก้าวหน้าของเทคโนโลยีต่อชีวิต สังคม และสิ่งแวดล้อม
- ระบุปัญหา ตั้งคำถามที่จะสำรวจตรวจสอบ โดยมีการกำหนดความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปรต่าง ๆ สืบค้นข้อมูลจากหลายแหล่ง ตั้งสมมติฐานที่เป็นไปได้หลายแนวทาง ตัดสินใจเลือกตรวจสอบสมมติฐานที่เป็นไปได้
- วางแผนการสำรวจตรวจสอบเพื่อแก้ปัญหาหรือตอบคำถาม วิเคราะห์ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของตัวแปรต่าง ๆ โดยใช้สมการทางคณิตศาสตร์หรือสร้างแบบจำลองจากผลหรือความรู้ที่ได้รับจากการสำรวจตรวจสอบ
- สื่อสารความคิด ความรู้จากผลการสำรวจตรวจสอบโดยการพูด เขียน จัดแสดง หรือใช้เทคโนโลยีสารสนเทศ
- อธิบายความรู้และใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการดำรงชีวิต การศึกษาหาความรู้เพิ่มเติม ทำโครงการหรือสร้างชิ้นงานตามความสนใจ
- แสดงถึงความสนใจ มุ่งมั่น รับผิดชอบ และซื่อสัตย์ในการสืบเสาะหาความรู้ โดยใช้เครื่องมือและวิธีการที่ได้ผลถูกต้องเชื่อถือได้
- ตระหนักในคุณค่าของความรู้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่ใช้ในชีวิตประจำวัน การประกอบอาชีพ แสดงถึงความชื่นชม ภูมิใจ ยกย่อง อ่างอิงผลงาน ชิ้นงานที่เป็นผลจากภูมิปัญญาท้องถิ่นและการพัฒนาเทคโนโลยีที่ทันสมัย
- แสดงความซาบซึ้ง ห่วงใย มีพฤติกรรมเกี่ยวกับการใช้และรักษา

ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมอย่างรู้คุณค่า เสนอตัวเองร่วมมือปฏิบัติกับชุมชนในการ
ป้องกัน ดูแลทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมของท้องถิ่น

- แสดงถึงความพอใจ และเห็นคุณค่าในการค้นพบความรู้พบคำตอบหรือ
แก้ปัญหาได้
- ทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์ แสดงความคิดเห็นโดยมีข้อมูลอ้างอิงและ
เหตุผลประกอบ เกี่ยวกับผลของการพัฒนาและการใช้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีอย่างมีคุณธรรม
ต่อสังคมและสิ่งแวดล้อม และยอมรับฟังความคิดเห็นของผู้อื่น

จากการศึกษาเอกสารข้างต้น อาจกล่าวได้ว่า หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน
พ.ศ. 2551 มุ่งให้ผู้เรียนเป็นคนดี มีปัญญา และมีความสุข อีกทั้งยังมีความมุ่งมั่นที่จะพัฒนาให้ผู้เรียน
นั้น เป็นกำลังในการพัฒนาประเทศต่อไปอีกด้วย ซึ่งผู้เรียนจะสามารถกระทำสิ่งเหล่านั้นได้ก็ต่อเมื่อ
ผู้เรียนได้รับการฝึกให้เกิดทักษะชีวิตเพื่อให้ผู้เรียนนำมาประยุกต์ใช้ได้ ดังนั้นการเรียนรู้อุทยานศาสตร์
จึงต้องเน้นการเชื่อมโยงความรู้กับกระบวนการ ให้มีทักษะสำคัญในการค้นคว้าและสร้างองค์
ความรู้ เกิดการคิดและการแก้ปัญหาที่หลากหลาย โดยที่ผู้เรียนต้องมีส่วนร่วมในการเรียนรู้ทุก
ขั้นตอนด้วยการลงมือปฏิบัติจริง เพื่อให้บรรลุผลสอดคล้องตามมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการ
เรียนรู้อุทยานศาสตร์ที่กำหนดคุณภาพผู้เรียนไว้เป็นเป้าหมายที่สำคัญนั่นเอง

1.11 สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และ
หน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสาร
สิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

ตัวชี้วัด

1. ทดลองและอธิบายการรักษาคุณภาพของเซลล์ของสิ่งมีชีวิต
2. ทดลองและอธิบายกลไกการรักษาคุณภาพของน้ำในพืช
3. สืบค้นข้อมูลและอธิบายกลไกการควบคุมคุณภาพของน้ำ แร่ธาตุ และอุณหภูมิ
ของมนุษย์และสัตว์อื่น ๆ และนำความรู้ไปใช้ประโยชน์
4. อธิบายเกี่ยวกับระบบภูมิคุ้มกันของร่างกายและนำความรู้ไปใช้ในการดูแลรักษา
สุขภาพ

**คำอธิบายรายวิชาชีววิทยา เพิ่มเติม รหัสวิชา ว30242 แผนการเรียน
วิทยาศาสตร์ คณิตศาสตร์ (โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัยนครปฐม พระตำหนักสวน
กุหลาบมัธยม)**

ศึกษาวิเคราะห์ โครงสร้างและการแลกเปลี่ยนก๊าซของสิ่งมีชีวิต โครงสร้างของปอดของสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนม การสูดลมหายใจ การและเปลี่ยนก๊าซในร่างกายคน การทำงานของศูนย์ควบคุมการหายใจ โรคที่เกี่ยวข้องกับระบบหายใจ ทดลองวัดอัตราการหายใจของสิ่งมีชีวิต ออกแบบเพื่อศึกษาปัจจัยที่มีผลต่ออัตราการหายใจของสิ่งมีชีวิต อธิบายความหมายและวิธีการขั้บถ่ายของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิด โครงสร้างและการทำงานของไต การรักษาสสมดุลของน้ำและสารต่าง ๆ ยกตัวอย่างความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับไต อธิบายระบบลำเลียงในสัตว์ การหมุนเวียนเลือดในคน เลือด หมู่เลือด การให้เลือด ระบบน้ำเหลืองระบบภูมิคุ้มกัน ปัจจัยที่มีผลต่อการเดินของชีพจร ทิศทางการไหลของเลือดในเส้นเลือดเวนและอาร์เทอรี ศึกษาวิเคราะห์ โครงสร้างและการเคลื่อนที่ของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง ของสัตว์มีกระดูกสันหลังและของคน การรับรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ของสัตว์และของคน โครงสร้างและการทำงานของระบบประสาท ศูนย์ควบคุมระบบประสาท การทำงานของระบบประสาท ต่อมไร้ท่อและฮอร์โมน การรักษาดุลยภาพของร่างกายด้วยฮอร์โมน พีโรโมน พฤติกรรม และกลไกการเกิดพฤติกรรม ประเภทของพฤติกรรม ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมและระบบประสาท การสื่อสารระหว่างสัตว์

ผลการเรียนรู้

1. สืบค้นข้อมูลและอธิบาย โครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว สัตว์และคน
2. สืบค้นข้อมูลและอธิบายการขั้บถ่ายของสัตว์และคน
3. สืบค้นข้อมูลและอธิบายระบบหมุนเวียนเลือด น้ำเหลืองและภูมิคุ้มกัน ตลอดจนการลำเลียงสารในร่างกายของสัตว์และคน
4. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เกี่ยวกับการรับรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว และสัตว์บางชนิดได้
5. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของเซลล์ประสาทได้
6. สืบค้นข้อมูลอภิปรายและอธิบาย เกี่ยวกับการทำงานของเซลล์ประสาทได้
7. อภิปราย และอธิบาย เกี่ยวกับโครงสร้างของระบบประสาทได้

8. อธิบายการทำงานของระบบประสาทได้
9. สืบค้นข้อมูลและอธิบายความหมายของต่อมไร้ท่อ การทำงานของฮอร์โมน จากต่อมไร้ท่อและอวัยวะที่สำคัญ เช่น รก ไทมัส ภาวะอาหารและลำไส้เล็ก ตลอดจนฟีโลโมน
10. สืบค้นข้อมูลและอธิบายกลไกการเกิดพฤติกรรมของสัตว์ ประเภทพฤติกรรมของสัตว์ ความสัมพันธ์ระหว่างพฤติกรรมกับพัฒนาของระบบประสาทและการสื่อสารระหว่างสัตว์

ตารางที่ 2-1 แสดงหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ระบบประสาท

ผลการเรียนรู้	แนวคิดเรื่องระบบประสาท
1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เกี่ยวกับการรับรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิดได้	1. การรับรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิด 2. เซลล์ประสาท
2. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของเซลล์ประสาทได้	3. การทำงานของเซลล์ประสาท 4. โครงสร้างของระบบประสาท
3. สืบค้นข้อมูลอธิบายและอธิบาย เกี่ยวกับการทำงานของเซลล์ประสาทได้	5. การทำงานของระบบประสาทสั่งการของระบบประสาทรอบนอก (PNS)
4. อธิบาย และอธิบาย เกี่ยวกับโครงสร้างของระบบประสาทได้	
5. อธิบายการทำงานของระบบประสาทได้	

สรุปสาระสำคัญ ดังนี้

1. การตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิด
 - 1.1 พารามีเซียมเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ไม่มีเซลล์ประสาท แต่พบว่าสามารถเคลื่อนที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้า เช่น แสง ได้จากการพัดโบกของซิเลีย ซึ่งควบคุมการทำงานโดนเส้นใยที่เชื่อมระหว่างโคนซิเลีย ที่เรียกว่า เส้นใยประสานงาน
 - 1.2 ในสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง มีการพัฒนาเป็นระบบประสาทอย่างง่าย เช่น ไฮดรา มีร่างแหประสาท (nerve net) พลานาเลีย เริ่มมีปมประสาท (nerve ganglion) และเส้นประสาทที่เชื่อมกันเป็นวงแหวนประสาท (nerve ring) และในพวกไส้เดือน กุ้ง หอย และแมลง

มีปมประสาทใหญ่ขึ้น ทำหน้าที่เป็นสมองอยู่ที่ส่วนหัว นอกจากนี้ยังมีปมประสาทตามปล้องของ ลำตัวและมีเส้นประสาทเชื่อมปมประสาทระหว่างปล้อง เป็นต้น

1.3 ในสัตว์มีกระดูกสันหลัง และมนุษย์มีการพัฒนาระบบประสาทเริ่มตั้งแต่ว่ายังเป็นเอ็มบริโอ มีลักษณะเป็นท่อประสาทที่เรียกว่า นิวรัลทิวบ์ (neural tube) ที่โป่งออกมาเป็น สมองส่วนหน้า ส่วนกลาง และส่วนหลัง ซึ่งอยู่ก่อนไขสันหลัง โดยทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของ ระบบประสาท ซึ่งจะมีเส้นประสาทแยกออกมาจากสมอง และไขสันหลัง

2. เซลล์ประสาท

2.1 ในร่างกายมีเซลล์ประสาทจำนวนมาก ทำหน้าที่เกี่ยวกับการรับรู้และ ตอบสนอง ซึ่งแต่ละเซลล์มีการเชื่อมโยงการทำงานกับเซลล์ประสาทอื่น ๆ เป็นจำนวนมาก โดย ประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ หนึ่งตัวเซลล์ (cell body) ซึ่งเป็นส่วนของไซโทพลาสซึม และ นิวเคลียส รวมถึงมีออร์แกเนลล์ที่สำคัญเป็นจำนวนมาก และสองคือใยประสาท (nerve fiber) ซึ่งเป็นส่วนของเซลล์ที่ยื่นออกมาจากตัวเซลล์ แบ่งได้เป็น เดนไดรต์ (dendrite) ที่เป็นใยประสาท นำกระแสประสาทเข้าเซลล์ และแอกซอน (axon) ที่นำกระแสประสาทออกจากตัวเซลล์

2.2 เซลล์ประสาทจำแนกได้เป็น 3 ชนิด ตามการทำหน้าที่ ได้แก่ เซลล์ ประสาทรับความรู้สึก (sensory neuron) ทำหน้าที่รับกระแสประสาทจากหน่วยรับความรู้สึก แล้ว ถ่ายทอดไปยังเซลล์ประสาทสั่งการ โดยอาจผ่านหรือไม่ผ่านเซลล์ประสาทประสานงานก็ได้ ซึ่งตัว เซลล์ประสาทรับความรู้สึกอยู่ที่ปมประสาทรากบนของไขสันหลัง เซลล์ประสาทสั่งการ (motor neuron) ทำหน้าที่นำกระแสประสาทไปยังหน่วยปฏิบัติงาน และเซลล์ประสาทประสานงาน (association neuron) อยู่ในสมองและไขสันหลัง เชื่อมอยู่ระหว่างเซลล์ประสาทรับความรู้สึก และ เซลล์ประสาทสั่งการ

2.3 เซลล์ประสาทยังจำแนกได้เป็น 3 ชนิดตามรูปร่าง ได้แก่ เซลล์ประสาทชั้น เดียว (unipolar neuron) เป็นเซลล์ประสาทที่มีใยประสาทแยกออกมาจากตัวเซลล์เพียง 1 เส้นใย เซลล์ประสาท 2 ขั้ว (bipolar neuron) เป็นเซลล์ประสาทที่มีเส้นใยประสาทแยกออกมาจากตัว เซลล์ 2 เส้นใย และเซลล์ประสาทหลายขั้ว (multipolar neuron) ซึ่งเป็นเซลล์ประสาทส่วนใหญ่ที่มี เดนไดรต์แยกออกมาจากตัวเซลล์มากมาย และมีแอกซอน 1 เส้นใย

3. การทำงานของเซลล์ประสาท

เมื่อมีสิ่งเร้ามากระตุ้นหน่วยรับความรู้สึกจะถูกเปลี่ยนให้เป็นกระแสประสาท ซึ่ง สามารถวัดได้จากค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างภายในและภายนอกเซลล์ โดยบริเวณเยื่อหุ้ม เซลล์มีโปรตีนที่ทำหน้าที่ควบคุมการเข้าออกของไอออนบางชนิด เช่น ช่องโซเดียม ช่อง

โพแทสเซียม เมื่อเกิดการกระตุ้นจะทำให้เกิด action potential หรือกระแสประสาท ซึ่งก็คือ เกิดการเปลี่ยนแปลงศักย์เยื่อเซลล์ ช่องโซเดียมไอออนจะเปิด โซเดียมไอออนไหลเข้าเซลล์มากขึ้น ทำให้ศักย์เยื่อเซลล์มีความเป็นบวกมากขึ้น เรียกขบวนการนี้ว่า depolarization และเมื่อเวลาผ่านไป ช่องโพแทสเซียมไอออนจะเปิด โพแทสเซียมไอออนไหลออกนอกเซลล์ ทำให้ภายในเซลล์เริ่มเป็นลบมากขึ้น เรียกขบวนการนี้ว่า repolarization คือศักย์เยื่อเซลล์จะกลับเข้าสู่ระยะพักอีกครั้ง ซึ่งบริเวณที่เกิด action Potential นี้จะเป็นบริเวณที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าบริเวณข้างเคียง จึงเกิดการเคลื่อนที่ของไอออนไปยังบริเวณข้างเคียงที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า เกิดเป็นการสร้าง action potential ขึ้นในบริเวณถัดไป ทำให้เกิดการส่งกระแสประสาทต่อไปตามความยาวของใยประสาท

4. โครงสร้างของระบบประสาท

4.1 central nervous system ได้แก่ สมองและไขสันหลัง สมองแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ สมองส่วนหน้า ส่วนกลาง และส่วนหลัง ทั้งสมองและไขสันหลังมีเยื่อหุ้ม 3 ชั้น คือ ชั้นนอกสุดมีลักษณะหนาเหนียวและแข็งแรง เพื่อป้องกันการกระทบกระเทือนแก่เนื้อสมองและไขสันหลัง ชั้นกลางเป็นเนื้อเยื่อบาง ๆ ส่วนชั้นในสุดแนบไปตามเนื้อสมองและไขสันหลัง มีหลอดเลือดมาเลี้ยงมาก เพื่อนำอาหารและออกซิเจนมาเลี้ยงเซลล์สมองและไขสันหลัง ซึ่งระหว่างเยื่อหุ้มชั้นกลางและชั้นในจะมีน้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลังบรรจุอยู่ (cerebrospinal fluid) มีหน้าที่นำอาหารและออกซิเจนมาเลี้ยงเซลล์ประสาทและนำของเสียออกจากเซลล์

4.2 peripheral nervous system ได้แก่ เส้นประสาทสมอง (cranial nerve) และเส้นประสาทไขสันหลัง (spinal nerve) เส้นประสาทสมอง (cranial nerve) แยกออกมาจากสมองแต่ละส่วน มีทั้งหมด 12 คู่ เพื่อทำหน้าที่รับความรู้สึกและสั่งการ ซึ่งติดต่อกับอวัยวะต่าง ๆ เพื่อควบคุมการรับความรู้สึก และการทำงานของกล้ามเนื้อ เส้นประสาทไขสันหลัง (spinal nerve) ส่วนที่อยู่ใกล้กับไขสันหลังจะแยกเป็นรากบน (dorsal root) ซึ่งมีปมประสาทอยู่ด้วย และรากล่าง (ventral root) ไม่มีปมประสาทอยู่ติดกับส่วน ventral horn ซึ่ง spinal nerve สามารถรับความรู้สึกและควบคุมและสั่งงานให้กล้ามเนื้อเกิดการทำงานได้

5. การทำงานของระบบประสาทสั่งการของระบบประสาทรอบนอก(PNS)

5.1 ระบบประสาทโซมาติก (SNS) เป็นระบบประสาทที่ทำงานภายใต้อำนาจจิตใจ ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อยึดกระดูก โดยมีเส้นประสาทรับความรู้สึกรับกระแสประสาทมาจากหน่วยรับความรู้สึก ผ่านเข้าสู่ไขสันหลัง หรือสมอง และสั่งการกลับมายังกล้ามเนื้อ ซึ่งบางครั้งอาจทำงานโดยผ่านไขสันหลังเท่านั้น เช่น การเกิดรีเฟล็กซ์

5.2 ระบบประสาทอัตโนมัติ (ANS) เป็นระบบประสาทที่ทำงานนอกเหนืออำนาจจิตใจ แบ่งออกเป็นระบบประสาทซิมพาเทติก และระบบประสาทพาราซิมพาเทติก ซึ่งทั้งสองระบบนี้จะทำงานในภาวะตรงข้ามกัน เพื่อควบคุมการทำงานของอวัยวะภายในร่างกาย การทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ ประกอบด้วยหน่วยรับความรู้สึกบริเวณอวัยวะภายในรับกระแสประสาทเข้าทางรากบนของเส้นประสาทไขสันหลัง จากนั้นออกจากไขสันหลังไปไซแนปส์กับเซลล์ประสาทสั่งการที่ปมประสาทอัตโนมัติ (autonomic ganglion) เรียกเซลล์ประสาทส่วนที่มายังปมประสาทนี้ว่า เซลล์ประสาทก่อนไซแนปส์ และเซลล์ประสาทสั่งการที่ออกจากปมประสาทว่า เซลล์ประสาทหลังไซแนปส์ ซึ่งนำกระแสประสาทไปยังกล้ามเนื้อเรียบของอวัยวะภายใน

นอกจากจะทำการศึกษามาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ของหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 แล้ว การวิจัยในครั้งนี้ ต้องศึกษาคำอธิบายรายวิชาและผลการเรียนรู้ของสถานศึกษานั้น ๆ เพิ่มเติมอีกด้วย เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ เพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้อย่างครบถ้วนทั้งเนื้อหา และความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ไปพร้อม ๆ กัน

2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นรูปแบบหนึ่งของการจัดการเรียนรู้ตามแนวทางทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ ซึ่งเน้นการสร้างความรู้ความเข้าใจจากการเชื่อมโยงความรู้ใหม่หรือประสบการณ์ใหม่ที่ได้รับจากการเรียนรู้กับความรู้เดิมหรือประสบการณ์เดิมของผู้เรียน ซึ่งทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้เชื่อว่า การจัดการเรียนรู้ที่เหมาะสมจะช่วยให้ผู้เรียนปรับปรุงความรู้เดิมหรือสร้างความรู้ของตนเอง ส่วนครูมีบทบาทเป็นผู้จัดประสบการณ์การเรียนรู้ให้กับผู้เรียนเพื่อให้ผู้เรียนฝึกคิด ตั้งคำถาม และลงมือแก้ปัญหาด้วยตัวเอง

2.1 ความหมายของการสืบเสาะหาความรู้

คำว่า "Inquiry" ที่เกี่ยวข้องกับจัดการเรียนรู้ นั้น นักการศึกษาได้ใช้ชื่อต่าง ๆ กันไป เช่น การสืบสอบ การสืบสวนสอบสวน การสอบสวน การค้นพบ การแก้ปัญหา การสืบเสาะ และการสืบเสาะหาความรู้ สำหรับการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัย ใช้คำว่า "การสืบเสาะหาความรู้" ส่วนในการจัดการเรียนการสอนโดยเน้นการใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ นั้น การวิจัยครั้งนี้ใช้คำว่า "การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (inquiry-based learning)" ซึ่ง Budnitz (2003) ได้กล่าวว่า การสืบเสาะหาความรู้เป็นแนวคิดที่มีความซับซ้อนและมีความหมายแตกต่างกันไปตามบริบทที่ใช้และผู้ที่ใช้คำจำกัดความ

กรมวิชาการ (2544) อธิบายว่า นักเรียนจะสร้างองค์ความรู้ด้วยตัวเองผ่านกิจกรรมการสังเกตการตั้งคำถาม การวางแผนการทดลอง การสำรวจตรวจสอบ กระบวนการแก้ปัญหา การสืบค้นข้อมูล การอภิปราย และการสื่อสารความรู้เพื่อให้ผู้อื่นเข้าใจ โดยกิจกรรมต่าง ๆ ต้องเน้นให้ผู้เรียนได้คิดได้มีส่วนร่วมวางแผน ลงมือปฏิบัติ สืบค้นข้อมูล รวบรวมข้อมูล ตรวจสอบ วิเคราะห์ข้อมูล สร้างอธิบายเกี่ยวกับข้อมูลที่ได้เพื่อนำไปสู่คำตอบของปัญหาหรือคำถาม และในที่สุดนักเรียนได้สร้างองค์ความรู้ นอกจากนี้ กิจกรรมต่าง ๆ ควรสนับสนุนให้นักเรียนได้มีปฏิสัมพันธ์ซึ่งกันและกัน

การสืบเสาะหาความรู้ ยังเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนฝึกฝนการเรียนรู้โดยใช้ความสามารถทางด้านการคิดหาเหตุผลจากข้อมูลที่ได้รับ คือให้นักเรียนเผชิญปัญหา นิยามศัพท์ให้ชัดเจน ตั้งสมมติฐาน สำรวจข้อมูล รวบรวมข้อมูล และสร้างข้อสรุปด้วยตนเอง ซึ่งช่วยให้ นักเรียนคุ้นเคยกับความจริงของโลกที่เต็มไปด้วยปัญหา (Suchman, 1962 อ้างถึงใน พรพรรณ พึ่งประยูรพงศ์, 2547) สอดคล้องกับ Sund and Throwbridge (1967) ที่กล่าวว่า เป็นการค้นคว้าความรู้หรือความจริง โดยเน้นการค้นคว้ามากกว่าการค้นพบ เป็นทั้งวิธีสอน และวิธีเรียน วิธีการแก้ปัญหาเฉพาะอย่างมีหลักการรวมทั้งเป็นเทคนิคการค้นคว้าความรู้ทางวิทยาศาสตร์ด้วย (Tisher et al. 1972) และเป็น กิจกรรมที่นักเรียนสามารถพัฒนาความรู้เกี่ยวกับการค้นพบความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักวิทยาศาสตร์ (NRC, 2000) โดยใช้กระบวนการสำรวจธรรมชาติและสิ่งต่าง ๆ ในโลก และวิธีการตั้งคำถาม เพื่อที่จะให้ได้คำตอบตรงตามต้องการ โดยใช้เทคนิคต่าง ๆ ตามกระบวนการของวิธีวิทยาศาสตร์ ซึ่งจะช่วยให้บุคคลได้ค้นพบความจริงต่าง ๆ ด้วยตนเอง (อำนาจ เจริญศิลป์, 2537)

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ ให้นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนรู้การสอนอย่างแท้จริง โดยวิธีให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง หรือสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ โดยที่ครูทำหน้าที่คล้ายผู้ช่วย คอยสนับสนุน ชี้แนะ ช่วยเหลือ ตลอดจนแก้ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการเรียนการสอน และนักเรียนทำหน้าที่คล้ายผู้จัดวาง แผนการเรียน มีความกระตือรือร้นที่จะศึกษาหาความรู้โดยวิธีการเช่นเดียวกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ (กระทรวงศึกษาธิการ, 2545) นอกจากนี้ ไพฑูรย์ สุขศรีงาม (2545) ยังได้กล่าวถึงการสืบเสาะหาความรู้ว่ามีความแตกต่างกันขึ้นอยู่กับความเชื่อและความเข้าใจว่ากิจกรรมต่าง ๆ ที่นำไปสู่การแก้ปัญหาให้นักเรียน เป็นผลให้เกิดความเข้าใจและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ ซึ่งเป็นกิจกรรมที่เน้นวิธีการแก้ปัญหา โดยใช้ปรากฏการณ์ที่กำลังเผชิญหรือประสบอยู่ และพร้อมทำทนายความคิด โดย

วิธีการที่นักเรียน เป็นผู้กำหนดวิธีการหาความรู้ด้วยตนเองมากกว่า การรับรู้ นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติในแนวทางต่าง ๆ กันเพื่อแก้ปัญหาหรือความขัดแย้งด้านความคิด ดังนั้น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นกระบวนการจัดการเรียนรู้ที่ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ตลอดเวลา ให้โอกาสแก่นักเรียนได้ฝึกคิด ฝึกสังเกต ฝึกนำเสนอ ฝึกวิเคราะห์วิจารณ์ ฝึกสร้างองค์ความรู้ เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการฝึกให้นักเรียนรู้จักศึกษาค้นคว้าหาความรู้ โดยครูตั้งคำถาม กระตุ้นให้นักเรียนใช้กระบวนการทางความคิด หาเหตุผลจนค้นพบความรู้หรือแนวทางในการแก้ไขปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเอง สรุปลงเป็นหลักการ เกณฑ์ หรือวิธีการในการแก้ปัญหา และสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์ในการควบคุม ปรับปรุงเปลี่ยนแปลงหรือสร้างสิ่งแวดล้อมในสภาพการณ์ต่าง ๆ ได้อย่างกว้างขวาง โดยมีครูเป็นผู้กำกับ ควบคุม ดำเนินการให้คำปรึกษาชี้แนะ ช่วยเหลือให้กำลังใจ เป็นผู้กระตุ้น ส่งเสริมให้นักเรียนคิด รวมทั้งร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ, 2543)

จากแนวคิดดังกล่าว สรุปความหมายของการสืบเสาะหาความรู้ ว่าเป็นเทคนิคหรือกลวิธีอย่างหนึ่งในการจัดการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์ โดยให้นักเรียนเป็นผู้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กระตุ้นให้นักเรียนมีความอยากรู้อยากเห็น เสาะแสวงหาความรู้โดยการถามคำถาม และพยายามค้นหาคำตอบ ให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมการเรียนรู้ตลอดเวลา ให้โอกาสแก่นักเรียนได้ฝึกคิด ฝึกสังเกต ฝึกนำเสนอ ฝึกวิเคราะห์วิจารณ์ ฝึกสร้างองค์ความรู้ โดยที่ครูเป็นผู้กำกับควบคุม ดำเนินการให้คำปรึกษา เป็นผู้สนับสนุน ชี้แนะ ช่วยเหลือ ตลอดจนแก้ปัญหาที่อาจเกิดขึ้นระหว่างการเรียนการสอน ให้กำลังใจ เป็นผู้กระตุ้น ส่งเสริมให้นักเรียนคิด และเรียนรู้ด้วยตนเอง รวมทั้งร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้

ดังนั้น การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ หมายถึง เป็นวิธีการที่ผู้สอน ใช้ในการช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยตนเอง โดยการตั้งคำถามกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดแก้ปัญหาอย่างมีระบบระเบียบ ผู้เรียนจะได้รับความรู้จากการคิดสืบเสาะหาความรู้ และได้เรียนรู้กระบวนการแก้ปัญหาไปด้วยพร้อม ๆ กัน

2.2 ลักษณะสำคัญของการสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ นั้น มีลักษณะคล้ายกับการสอนแบบแก้ ปัญหา โดยครูเป็นผู้จัดสถานการณ์ สิ่งแวดล้อม เพื่อให้เกิดปัญหา ทำให้นักเรียนคิดแสวงหาคำตอบ ซึ่ง (Kuslan & Stone, 1968 อ้างถึงใน ภพ เลหาไพบุลย์, 2542) ได้นิยามเชิงปฏิบัติการของการสืบ

เสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ว่า เป็นการจัดการเรียนรู้ที่ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น การสังเกต การวัด การประมวลค่า การทำนาย การเปรียบเทียบ และการจำแนกประเภท โดยไม่ต้องรีบร้อนสอนให้จบตามเนื้อหา นักเรียนจะต้องไม่ทราบคำตอบล่วงหน้า ควรเลือกหนังสือเรียน และคู่มือที่ถามคำถามเป็นปัญหา และเสนอแนะแนวทางในการหาคำตอบ แต่ไม่บอกคำตอบ เพื่อให้ให้นักเรียนมีความสนใจที่จะหาคำตอบ เนื้อหาในการสืบเสาะหาความรู้ ไม่จำเป็นต้องต่อเนื่อง และในกิจกรรมการเรียนรู้ต้องเน้นคำถามคำว่า “ทำไม” ต้องระบุปัญหาให้ชัดเจน และตั้งปัญหาให้แคบพอที่จะให้นักเรียนแก้ปัญหาในชั้นเรียน ช่วยกันตั้งข้อสมมติฐานเพื่อเป็นแนวทางในการสืบเสาะหาความรู้ อีก ทั้งยังช่วยให้นักเรียนมีความรับผิดชอบในการเสนอแนะแนวทางในการเก็บข้อมูล จากการทดลองการสังเกต การอ่าน และแหล่งข้อมูลที่เกี่ยวข้องได้อื่น ๆ มีการร่วมมือกันในการ ประเมินแนวทางในการปฏิบัติการ ระบุข้อจำกัดและความยากให้ชัดเจนทุกครั้ง ทำการสำรวจ เก็บ ข้อมูลโดยช่วยกันทำเป็นกลุ่มเล็ก ทำทั้งชั้น และนักเรียนสรุปข้อมูลที่ได้ ใ้ความพยายามให้มี คำอธิบายทางวิทยาศาสตร์ให้ได้ เพื่อเป็นประโยชน์ในการนำไปสู่หัวข้อเนื้อหาวิชาวิทยาศาสตร์

จะเห็นได้ว่า การจัดการเรียนรู้โดยผ่าน “การสืบเสาะหาความรู้” นักเรียนมีส่วนร่วมใน กระบวนการเรียนรู้ โดยมีครูให้การสนับสนุนและเริ่มต้นด้วยการฝึกทักษะที่เหมาะสม นักเรียนได้ เรียนรู้เนื้อหาวิชาและฝึกการปฏิบัติ ซึ่ง Welch (1981) ได้เสนอลักษณะของการสืบเสาะหาความรู้ ไว้ 5 ประการ ดังนี้

1. การสังเกต เป็นจุดเริ่มต้นสำหรับการสืบเสาะหาความรู้ก็คือ เนื่องจาก วิทยาศาสตร์เริ่มต้นด้วยการสังเกตเรื่องหรือปรากฏการณ์ และการใช้คำถามที่เหมาะสมเพื่อ นำไปสู่การสังเกต
2. การวัดผล เป็นคำที่ใช้อธิบายปริมาณของวัตถุและปรากฏการณ์ เป็นหลักปฏิบัติ ที่ถูกยอมรับของวิทยาศาสตร์เนื่องจากได้ค่าทางวิทยาศาสตร์ที่แม่นยำและคำอธิบายที่ถูกต้อง
3. การทดลอง เป็นการทดสอบที่ถูกออกแบบมาเพื่อทดสอบคำถามและความคิด และเป็นสิ่งที่สำคัญของวิทยาศาสตร์ การทดสอบจะเกี่ยวข้องกับคำถามข้อสังเกตและการวัด
4. การสื่อสาร ผลของการติดต่อกับชุมชนทางวิทยาศาสตร์และประชาชน เป็น ภาระหน้าที่ของนักวิทยาศาสตร์และเป็นส่วนสำคัญของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งอาจจะ กระทำโดยการเผยแพร่บทความทางวารสาร การสนทนา การประชุมและการสัมมนาของ ผู้เชี่ยวชาญ

5. กระบวนการคิด เป็นกระบวนการอธิบายความคิดเป็นวิธีหนึ่งของการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เช่น การอุปมาเหตุผล การกำหนดสมมติฐานและทฤษฎี รวมทั้งการเปรียบเทียบ

ไม่ว่าจะใช้กิจกรรมรูปแบบใดก็ตาม เมื่อคนเราสังเกตเห็นได้ก็มักจะมีคำถามหรือข้อสงสัยเกิดขึ้นเสมอ เช่น อะไร ทำไม เมื่อไร อย่างไร และเมื่อมีคำถามก็จะนำไปสู่การสำรวจ เพื่อหาคำตอบ การตั้งคำถาม จึงเป็นหัวใจของการสืบเสาะหาความรู้ ในการตอบคำถาม หรือสร้างคำอธิบายต่าง ๆ จำเป็น ต้องใช้ข้อมูลเป็นหลักฐานหรือประจักษ์พยานอ้างอิง จึงต้องมีการรวบรวมข้อมูลที่ครบถ้วน และแม่นยำ ไม่ว่าจะเป็นข้อมูลจากการสังเกต การสำรวจ หรือการทดลอง คำอธิบายจะต้องสอดคล้องกับข้อมูลหรือหลักฐานที่มี ทั้งนี้จะต้องผ่านการคิดวิเคราะห์ข้อมูลอย่างระมัดระวัง และมีเหตุผลคำอธิบายเป็น ส่วนประกอบที่สำคัญขององค์ความรู้ คำอธิบายหรือคำตอบของคำถามต่าง ๆ เมื่อนำมาสังเคราะห์ หรือหลอมรวมกันอย่างมีเหตุผลก็จะเป็นความรู้ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งอาจอยู่ในรูปของแนวความคิดหลัก หลักการ กฎ หรือทฤษฎี และที่สำคัญจะต้องสื่อสาร องค์ความรู้ไปยังผู้อื่นเพื่อการวิพากษ์หรือโต้แย้งอย่างมีตรรกะ ทั้งนี้องค์ความรู้ที่สร้างขึ้นอาจมีความไม่สมบูรณ์ในบางส่วน ข้อคิดเห็นจากผู้อื่นจะเป็นแนวทางมาตรวจสอบ หรือหาข้อมูลเพิ่มเติม (สสวท., 2546)

ข้อค้นพบบางส่วนจากรายงานของ NRC มีความสอดคล้องกับสรุปใน NSES เกี่ยวกับการสืบเสาะหาความรู้ในชื่อหัวข้อเรื่อง Inquiry and the National Science Education Standards (NRC, 2000) โดยมีประเด็นสำคัญของข้อค้นพบดังต่อไปนี้

1. ความเข้าใจวิทยาศาสตร์เป็นสิ่งที่ลึกซึ้งมากกว่าการจดจำข้อเท็จจริง
2. นักเรียนสร้างความรู้ใหม่บนพื้นฐานของสิ่งที่พวกเขาเรียนรู้มาก่อนและความเชื่อที่มีอยู่เดิม
3. นักเรียนสร้างความรู้ใหม่โดยปรับเปลี่ยนและขัดเกลาแนวคิดเดิมที่ตนเองมีอยู่ และโดยการเติมแนวคิดใหม่ลงไปในเรื่องที่เขาได้รู้มาก่อนแล้ว
4. การเรียนรู้เป็นสิ่งที่เกิดขึ้นโดยมีสิ่งเชื่อมต่อคือสิ่งแวดล้อมทางสังคม และการมีปฏิสัมพันธ์ระหว่างนักเรียนกับผู้อื่น
5. การเรียนรู้ควรมีประสิทธิภาพต้องการให้นักเรียนเป็นผู้ควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง
6. ความสามารถที่จะนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ (การถ่ายโอนการเรียนรู้) จะส่งผลให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ด้วยความเข้าใจอย่างแท้จริง

ผลการค้นพบจาก NRC ชี้ให้เห็นถึงความคล้ายคลึงกันระหว่างความอยากรู้อยากเห็นตามธรรมชาติของนักเรียน กับ วิธีการสืบเสาะหาความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติรอบตัวของนักวิทยาศาสตร์ ที่นำไปสู่แนวทางการแก้ไขปัญหาคำถาม ซึ่งการเรียนรู้ของทั้งผู้ใหญ่และเด็กล้วนแล้วแต่ต้องผ่านขั้นตอนที่คล้ายคลึงกันเพื่อนำไปสู่การค้นพบ

2.2.1 การสืบเสาะหาความรู้ใน National Science Education Standards (NSES)

การสืบเสาะหาความรู้เป็นกิจกรรมที่สลับซับซ้อน ซึ่งเกี่ยวข้องกับ การสังเกต การตั้งคำถาม การตรวจสอบเอกสารจากหนังสือหรือแหล่งอ้างอิงต่าง ๆ การวางแผนการสำรวจ ตรวจสอบ การทบทวนในสิ่งที่รู้จากหลักฐานที่ได้มาด้วยการทดลอง การใช้เครื่องมือในการเก็บรวบรวม วิเคราะห์ และแปลผลข้อมูล การนำเสนอคำตอบของข้อคำถาม การอธิบายและคำทำนาย รวมทั้งการสื่อสารเผยแพร่ผลที่ได้จากการศึกษา จะเห็นได้ว่าการสืบเสาะหาความรู้ต้องการการระบุข้อสันนิษฐานต่าง ๆ การใช้ความคิดเชิงวิพากษ์วิจารณ์ และความคิดอย่างมีเหตุผล และการพิจารณาคำอธิบายทางเลือกอื่น ๆ

มนุษย์สืบเสาะหาความรู้เกี่ยวกับธรรมชาติรอบตัวที่มีอยู่อย่างหลากหลายรูปแบบ ทั้งนี้ NSES ได้ระบุว่าการสืบเสาะหาความรู้เป็นเสมือนเป้าหมายการเรียนรู้และวิธีการสอน ดังนั้นเนื้อหาในหัวข้อ Science as Inquiry ใน NSES จึงมีทั้งเนื้อหาเกี่ยวกับความสามารถในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ และความเข้าใจในกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ ซึ่ง NSES ได้กำหนดลักษณะสำคัญของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ประการ สำหรับการสอนและการเรียนซึ่งนำไปใช้ในทุกระดับชั้นเรียน

1. ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการตั้งคำถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบทางวิทยาศาสตร์
2. ผู้เรียนเก็บรวบรวมหลักฐานที่นำไปสู่การสร้างคำอธิบายเพื่อตอบคำถาม
3. ผู้เรียนสร้างคำอธิบายอย่างมีเหตุผลจากหลักฐาน
4. ผู้เรียนประเมินคำอธิบายของตนโดยเชื่อมโยงกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์
5. ผู้เรียนสื่อสาร เผยแพร่ เพื่อนำเสนอข้อค้นพบและตัดสินคำอธิบาย

บทเรียนวิทยาศาสตร์สามารถปรากฏได้ในลักษณะที่มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้อย่างเต็มรูปแบบหากปรากฏลักษณะสำคัญของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ประการ หรือหากมีลักษณะบางลักษณะของกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ประการ หายไปก็ไม่อาจเป็นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ที่สมบูรณ์ได้ อย่างไรก็ตามในแต่ละลักษณะสำคัญของกระบวนการ

สืบเสาะหาความรู้ ยังมีระดับของการมีส่วนร่วมของนักเรียนซึ่งจะบ่งบอกถึงระดับการเน้นนักเรียนเป็นสำคัญของครูผู้สอนระหว่างการทำเนกิจกรรรมด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ เช่น ถ้าหากครูใช้การสอนแบบสาธิตวิธีทดลองเพื่อให้ได้ความรู้มากกว่าที่จะใช้วิธีที่ให้นักเรียนได้ค้นพบแนวทางการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ก็อาจเรียกบทเรียนนั้นว่าเป็นบทเรียนที่ใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้เพียงบางส่วน

ตามมาตรฐานเนื้อหาในส่วนของ Science as Inquiry ของ NSES ในระดับชั้นประถมปลาย และมัธยมต้น (grade 5-8) ได้ระบุความสามารถและความเข้าใจเกี่ยวกับกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ดังตารางที่ 2-2 ต่อไปนี้

ตารางที่ 2-2 ลักษณะสำคัญของการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และระดับของการสืบเสาะหาความรู้ (National Research Council, 2000)

ลักษณะสำคัญ	ระดับการสืบเสาะหาความรู้			
	1	2	3	4
ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการตั้งประเด็นคำถาม	ผู้เรียนเป็นผู้ถาม	ผู้เรียนเลือกคำถามและสร้างคำถามใหม่จากรายการคำถาม	ผู้เรียนพิจารณาและปรับคำถามที่ครูถามหรือคำถามจากแหล่งข้อมูลอื่น	ผู้เรียนสนใจคำถามจากสื่อการสอนหรือแหล่งข้อมูลอื่นๆ
ผู้เรียนให้ความสำคัญกับข้อมูลหลักฐานที่สอดคล้องกับคำถาม	ผู้เรียนกำหนดข้อมูลที่จำเป็นในการตอบคำถามและรวบรวมข้อมูล	ผู้เรียนได้รับการชี้แนะในการเก็บรวบรวมข้อมูลที่จำเป็น	ผู้เรียนได้รับข้อมูลเพื่อนำไปวิเคราะห์	ผู้เรียนได้รับข้อมูลและการบอกเล่าเกี่ยวกับการวิเคราะห์ข้อมูล
ผู้เรียนอธิบายถึงสิ่งที่ศึกษาจากหลักฐานหรือข้อมูล	ผู้เรียนอธิบายสิ่งที่ศึกษาหลังจากรวบรวมและสรุปข้อมูล/หลักฐาน	ผู้เรียนได้รับการชี้แนะในการสร้างคำอธิบายจากข้อมูลหลักฐาน	ผู้เรียนได้รับแนวทางที่เป็นไปได้เพื่อสร้างคำอธิบายจากข้อมูลหลักฐาน	ผู้เรียนได้รับหลักฐานหรือข้อมูลจากครู
ผู้เรียนเชื่อมโยงคำอธิบายกับองค์ความรู้ทาง	ผู้เรียนตรวจสอบแหล่งข้อมูลอื่นๆ ที่เชื่อถือได้	ผู้เรียนได้รับการชี้แนะเกี่ยวกับแหล่งข้อมูลและขอบเขตความรู้	ผู้เรียนได้รับการแนะนำถึงความเชื่อมโยงที่เป็นไปได้	

ตารางที่ 2-2 (ต่อ)

ลักษณะสำคัญ	ระดับการสืบเสาะหาความรู้			
	1	2	3	4
วิทยาศาสตร์	และเชื่อมโยงกับคำอธิบายที่สร้างไว้	ทางวิทยาศาสตร์		
ผู้เรียนสื่อสารและให้เหตุผลเกี่ยวกับการค้นพบที่ได้	ผู้เรียนสร้างข้อคิดเห็นที่มีเหตุผลและมีหลักการเพื่อสื่อสารคำอธิบาย	ผู้เรียนได้รับการฝึกฝนในการพัฒนาวิธีการสื่อสาร	ผู้เรียนได้รับแนวทางกว้างๆ สำหรับการสื่อสารที่ชัดเจน ตรงประเด็น	ผู้เรียนได้รับคำแนะนำถึงขั้นตอนและวิธีการสื่อสาร
มาก <-----ปริมาณการจัดการเรียนรู้โดยผู้เรียน (Learner Self-Direction)-----> น้อย				
น้อย <---ปริมาณการชี้แนะโดยครูหรือสื่อการสอน (Direction from Teacher or Material)----> มาก				

2.3 ประเภทของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้มีหลายรูปแบบทั้งที่ครูเป็นผู้กำกับ และนักเรียนเป็นผู้กำกับ ตลอดไปจนถึงครูและนักเรียนเป็นผู้กำกับการเรียนรู้ร่วมกัน ดังนั้น จึงมีแนวคิดต่าง ๆ ที่อธิบายไว้อย่างมากมาย ดังเช่น Sund and Trowbridge (1973) อ้างถึงใน พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และเพยาร์ ยินดีสุข (2548) ได้อธิบายเกี่ยวกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็น 3 แนวทาง ซึ่งขึ้นอยู่กับบทบาทของครูและนักเรียน ดังนี้

1. การสืบเสาะหาความรู้แบบมีการแนะนำ (Guided discovery) เป็นวิธีที่ครูและนักเรียนมีบทบาทเท่าเทียมกัน
2. การสืบเสาะหาความรู้ที่ครูเป็นผู้วางแผนให้ (Less guided discovery) หรือเป็นวิธีแบบไม่กำหนดแนวทาง (Unstructured laboratory) เป็นวิธีที่ครูเป็นผู้กำหนดปัญหา แต่ให้นักเรียนหาวิธีแก้ปัญหาด้วยตนเอง
3. การสืบเสาะหาความรู้ที่นักเรียนเป็นผู้วางแผน (Free discovery) หรือวิธีสืบเสาะหาความรู้แบบอิสระ เป็นวิธีที่นักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหาเอง วางแผนการทดลองเอง ดำเนินการทดลองตลอดจนสรุปผลด้วยตัวนักเรียนเอง วิธีนี้นักเรียนมีอิสระเต็มที่ในการศึกษาตามความสนใจครูเป็นเพียงผู้กระตุ้นเท่านั้น

ในขณะที่ Orlich et al. (2001) อ้างถึงใน พรพรรณ พึ่งประยูรพงศ์ (2547) ได้อธิบายเกี่ยวกับรูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ 2 แนวทาง ดังต่อไปนี้

1. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ที่ครูกำหนดแนวทางการสืบเสาะหาความรู้ ครูต้องวางแผนและเตรียมข้อมูลพื้นฐานที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่สืบเสาะหาความรู้ให้นักเรียนกระทำการสังเกต จัดกระทำและอ้างอิงเป็นคำตอบ ครูมีบทบาทในการนำให้นักเรียนดำเนินการสืบเสาะหาความรู้ตามแนวทางโดยครูใช้คำถามนำ จัดเตรียมอุปกรณ์ที่จะต้องทำตามแนวทางนั้น ๆ ให้ และครูควรกระตุ้นให้นักเรียนในชั้นมีส่วนร่วมในการดำเนินการสืบเสาะและสรุปเป็นหลักการ

2. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ที่ครูไม่ได้กำหนดแนวทางในการสืบเสาะหาความรู้ ครูมีบทบาทน้อยกว่าแบบแรก เมื่อครูเสนอปัญหาแล้วเปิดโอกาสให้นักเรียนหาแนวทางและดำเนินการสืบเสาะหาความรู้วิธีต่าง ๆ เอง แต่ครูต้องคอยตรวจสอบความถูกต้องในการอ้างอิงหรืออ้างเหตุผลของนักเรียน ถ้านักเรียนไม่ได้อ้างเหตุผล ครูต้องกระตุ้นให้นักเรียนอ้างเพื่อยืนยัน และครูควรกระตุ้นให้นักเรียนในชั้นได้แลกเปลี่ยน ข้อสรุปกันโดยให้แสดงการอ้างอิงให้เพื่อน ๆ รับรู้ด้วย

นอกจากนี้ สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545) และกุศลสิน มุสิกกุล (2551) ได้แบ่งการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ เป็น 3 ประเภท

1. ครูเป็นผู้ถามนำ (Passive Inquiry) หรือกำหนดปัญหาโดยครู หรือตามหนังสือเรียน (Guided Inquiry) เป็นวิธีที่นักเรียนเป็นฝ่ายตอบคำถามส่วนใหญ่ แต่ครูก็จะพยายามกระตุ้นเตือนให้นักเรียนได้ตั้งคำถามอยู่เสมอ การจัดการเรียนรู้รูปแบบนี้ เหมาะสำหรับการเริ่มการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นครั้งแรก

2. ครูและนักเรียนเป็นผู้ถามคำถาม (Combined Inquiry) หรือกำหนดปัญหาโดยครู หรือนักเรียน (Challenged Inquiry) เป็นวิธีที่ใช้ในโอกาสที่นักเรียนเริ่มคุ้นเคยกับการถามของครูมากขึ้นซึ่งข้อควรระวังในการส่งเสริมให้นักเรียนตั้งคำถามคือ ให้นักเรียนคิดก่อนการถามครู และหลักสำคัญคือ ครูพยายามไม่ให้คำตอบ แต่จะส่งเสริมหรือถามต่อ เพื่อให้นักเรียนค้นพบคำตอบด้วยตนเองเป็นส่วนใหญ่

3. นักเรียนเป็นผู้ถามคำถาม (Active Inquiry) หรือกำหนดปัญหาโดยนักเรียน (Opened Inquiry) เป็นวิธีการจัดการเรียนรู้ที่นักเรียนเป็นผู้ถามคำถามส่วนใหญ่ โดยที่ครูเป็นผู้

แนะแนวหรือเน้นจุดสำคัญที่นักเรียนมองข้าม ซึ่งวิธีนี้ นักเรียนมีความชำนาญในการใช้คำถามแล้ว นักเรียนจึงสามารถ ตั้งคำถามและหาคำตอบด้วยตนเองเป็นส่วนใหญ่

ประมวล ศิริพันธ์แก้ว (2546) ได้แบ่งการสืบเสาะหาความรู้เป็น 3 รูปแบบ คือ

1. การสืบเสาะหาความรู้ตามที่มีผู้กำหนดไว้ให้ (Structured Inquiry) นักเรียนทำตามวิธีการทุกขั้นตอน เพื่อรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์หาคำตอบของคำถาม หรือประเด็นที่ถูกกำหนดไว้แล้ว การสืบเสาะหาความรู้ประเภทนี้เหมาะสำหรับฝึกประสบการณ์ และทักษะการสืบเสาะหาความรู้ก่อนที่จะก้าวไปสู่การดำเนินการด้วยตนเองมากขึ้น

2. การสืบเสาะหาความรู้โดยมีข้อแนะนำให้ (Guided Inquiry) นักเรียนสามารถดัดแปลง ข้อแนะนำในการดำเนินการสืบเสาะหาความรู้ตามที่เห็นสมควร และเหมาะสมกับสถานการณ์ แต่ก็มีกำหนดคำถามหรือหัวข้อเรื่องในการสืบเสาะหาความรู้ไว้ให้

3. การสืบเสาะหาความรู้อย่างอิสระ (Independent Inquiry) เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่เริ่มต้นจากนักเรียนทุกขั้นตอน ตั้งแต่การตั้งคำถามหรือกำหนดหัวข้อเรื่อง การวางแผน ดำเนินการรวบรวมข้อมูล และการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อนำไปสู่การแปลความหมายและลงข้อสรุป

นอกจากนี้ สสวท. (2552) ยังสามารถแบ่งการสืบเสาะหาความรู้ (Level of inquiry) แบ่งเป็น 4 ระดับ คือ

1. การสืบเสาะหาความรู้แบบยืนยัน (Confirmed Inquiry) เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่ให้นักเรียนเป็นผู้ตรวจสอบความรู้หรือแนวคิด เพื่อยืนยันความรู้หรือแนวคิดที่ถูกรับรู้มาแล้ว โดยครูเป็นผู้กำหนดปัญหาและคำตอบ หรือองค์ความรู้ที่คาดหวังให้นักเรียนค้นพบ และให้นักเรียนทำกิจกรรมที่กำหนดในหนังสือหรือใบงาน หรือตามที่ครูบรรยายบอกกล่าว

2. การสืบเสาะหาความรู้แบบนำทาง (Directed Inquiry) เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่ให้นักเรียนค้นพบองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเองโดยครูเป็นผู้กำหนดปัญหา และสาธิตหรืออธิบายการสำรวจตรวจสอบ แล้วให้นักเรียนปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบตามวิธีการที่กำหนด

3. การสืบเสาะหาความรู้แบบชี้แนะแนวทาง (Guided Inquiry) เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่ให้นักเรียนค้นพบองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยนักเรียนเป็นผู้กำหนดปัญหา และครูเป็นผู้ชี้แนะ แนวทางการสำรวจตรวจสอบ รวมทั้งให้คำปรึกษาหรือแนะนำให้นักเรียนปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบ

4. การสืบเสาะหาความรู้แบบเปิด (Open Inquiry) เป็นการสืบเสาะหาความรู้ที่ให้นักเรียนค้นพบองค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเอง โดยให้นักเรียนมีอิสระในการคิด เป็นผู้กำหนดปัญหา ออกแบบ และปฏิบัติการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง

จากแนวคิดข้างต้น ผู้วิจัยจึงได้สรุปรูปแบบของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ โดยแบ่งเป็น 2 ประเภท ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยครู ซึ่งจะเป็นบทบาทร่วมกันระหว่างนักเรียนและครู แต่ครูจะคอยควบคุมประเด็นปัญหาต่าง ๆ เพื่อสร้างให้นักเรียนเกิดความคิดและสรุปเป็นองค์ความรู้ด้วยตนเอง

2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้โดยนักเรียน เป็นบทบาทร่วมกันระหว่างครูและนักเรียนเช่นเดียวกัน แต่จะเป็นกิจกรรมกลุ่มหรือปฏิสัมพันธ์ร่วมกันระหว่างนักเรียน โดยครูจะเปลี่ยนบทบาทจากผู้ควบคุมประเด็นปัญหา เป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนร่วมกันแก้ปัญหา และร่วมกันสรุป

ขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ นั้น นักฟิสิกส์ชาวสหรัฐอเมริกา ชื่อ โรเบิร์ต คาร์พลัส (Robert Karplus) เป็นผู้เสนอการจัดการเรียนรู้วิธีนี้ในระดับประถมศึกษา เพื่อกระตุ้นผู้เรียนให้มีความสนใจเรียนและช่วยลดความน่าเบื่อหน่ายของการเรียนในห้องเรียน และในขณะที่กำลังพัฒนาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาของประเทศสหรัฐอเมริกา (Science Curriculum Improvement Study [SCIS]) ที่ University of California, Berkeley จุดเริ่มต้นของวัฏจักรการเรียนรู้มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาเพียเจต์ (Piaget) และผลงานของ ออซูเบล (Ausubel) และแนวคิดคอนสตรัคติวิซึมที่เกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ซึ่งเหมาะสมกับการสอนวิทยาศาสตร์ดั้งเดิม (Trowbridge & Bybee, 1996 อ้างถึงใน นันทกาคันธียงศ์, 2547)

วัฏจักรการเรียนรู้ มี 3 ขั้น คือ การสำรวจ การประดิษฐ์ และการค้นพบ ภายหลังจากขั้นเหล่านี้ เรียกชื่อใหม่เป็นการสำรวจ การแนะนำโน้ตสโน้ และการนำโน้ตสโน้ไปใช้ ต่อมาได้มีกลุ่มนักศึกษานำวิธีนี้มาใช้อย่างแพร่หลาย มีการพัฒนาวิธีการ และขั้นตอนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่แตกต่างกัน นักการศึกษาของสหรัฐอเมริกาจากกลุ่ม BSCB (Biological Science Curriculum Study) โดยมี Roger Bybee เป็นผู้นำได้นำวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการสืบเสาะหาความรู้มาใช้ในการพัฒนาหลักสูตรวิชาวิทยาศาสตร์ และได้เสนอขั้นตอนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็น 5 ขั้นตอน คือ การสร้าง การมีส่วนร่วม การสำรวจ การอธิบาย การขยายและสร้างความกระจ่าง และการประเมิน ซึ่งเรียกชื่อใหม่เป็นวัฏจักรการ

เรียนรู้ 5E นอกจากนี้ ยังมีนักการศึกษาอื่น ๆ ขยายวัฏจักรการเรียนรู้ 5E เป็น 7E (Goldstong, 2009)

การเรียนการสอนวัฏจักรการเรียนรู้ 5E เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นนักเรียนเป็นสำคัญ สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2543) อ้างถึงใน นันทกา คันธิยงค์ (2547) ได้กล่าวไว้ว่ากิจกรรมการเรียน การสอนวัฏจักรการเรียนรู้ 5E มีหลายรูปแบบ เช่น 3 ขั้นตอน แบบ 4 ขั้นตอน และแบบ 5 ขั้นตอน ได้มีนักการศึกษาได้นำวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวัฏจักรการเรียนรู้ 5E มาใช้ และมีการ พัฒนาการและขั้นตอนในการเรียนการสอนเพิ่มขึ้นอีกมากมาย โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถ ร่วมกัน แสวงหา ค้นพบ และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง นักเรียนได้เรียนรู้ร่วมกันและประเมินผล การเรียนรู้ด้วยตัวนักเรียนเอง อีกทั้งยังให้นักเรียนมีโอกาสประสบผลสำเร็จในการเรียนรู้อย่างมี ความสุข ภายใต้สถานการณ์จำลองที่เป็นจริงในชีวิตประจำวัน เพื่อให้นักเรียนมีทักษะชีวิตและ ทักษะสังคม ต่อมาได้มีกลุ่มนักการศึกษา ได้นำวิธีการนี้มาใช้และมีการพัฒนาวิธีการและการ จัดการเรียนรู้เพิ่มขึ้นอีกมากมาย เช่นรายละเอียดต่อไปนี้

Cohen and Horah (1989) ได้แบ่งขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ออกเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ การสำรวจ การแสดงออก การให้นิยามหรือชื่อ การนำไปใช้ ดังนี้

1. การสำรวจ ขั้นการสำรวจเป็นการให้นักเรียนมีประสบการณ์ เพื่อให้ได้มโนทัศน์ ใหม่หรือกระบวนการโดยการทำกิจกรรมที่เป็นรูปแบบกับแนวคิดที่สำคัญ ครูอาจเริ่มต้นบทเรียน โดยการสาธิตอย่างสั้น ๆ ให้ดูภาพยนตร์ วีดิทัศน์ การอ่าน และการบรรยาย เพื่อจูงใจให้นักเรียน สนใจและที่สำคัญ คือ ต้องการให้ได้ประสบการณ์อย่างเป็นรูปธรรมกับมโนทัศน์ที่สำคัญหรือ กระบวนการ ก่อนที่จะให้พยายามบอกชื่อหรือให้นิยามของมโนทัศน์หรือกระบวนการโดยปาก เปล่าหรือโดยการเขียน การสำรวจแบ่งออกเป็น 3 แบบ แต่ละแบบเป็นการจัดให้นักเรียนได้มี ประสบการณ์ อย่างเป็นรูปธรรมกับมโนทัศน์หรือกระบวนการ ดังนี้

- 1.1 การสำรวจแบบปลายเปิด (Open-Ended) โดยปกติแล้วครูผู้สอนจะจัดสื่อ อุปกรณ์ให้นักเรียนชุดหนึ่ง ให้นักเรียนได้จัดกระทำกับสิ่งนั้น ในกรณีนี้ครูผู้สอนต้องทราบอย่างไม่ว่า นักเรียนจะจัดกระทำกับสื่ออุปกรณ์อย่างไร นักเรียนจะต้องได้มโนธรรม ซึ่งเป็นจุดประสงค์ของ บทเรียน

- 1.2 การสำรวจแบบแนะแนวทาง (Directed) ครูผู้สอนจัดสื่ออุปกรณ์หรือชุด กิจกรรมให้นักเรียนคราวนี้ ครูผู้สอนแนะแนวทางการทำกิจกรรมหรือจัดกระทำกับสื่อ ให้นักเรียน เพื่อให้แน่ใจว่า เมื่อนักเรียนได้มีประสบการณ์ทำกิจกรรมแล้ว ทำให้ได้มโนทัศน์หรือกระบวนการ ซึ่งเป็นจุดประสงค์ของบทเรียน

1.3 การสำรวจแบบสังเกต (Observational) ในกรณีนี้ให้นักเรียนทำกิจกรรมเพียงสังเกตเหตุการณ์หรือกระบวนการตัวอย่างเช่น มโนทัศน์เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์ชีวภาพนักเรียนมีประสบการณ์ โดยการสังเกตเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในชีวิตของสิ่งมีชีวิต

2. การแสดงออก ขั้นการแสดงออกเป็นการให้โอกาสนักเรียนที่จะแสดงออกถึงความเข้าใจได้มีประสบการณ์จากขั้นการสำรวจ ขั้นการแสดงออกนี้มีวัตถุประสงค์ 2 ข้อ คือ

2.1 เพื่อช่วยให้นักเรียนเริ่มคิดถึงสิ่งที่สำคัญ ที่ได้จากการมีประสบการณ์ในขั้นตอนแรกและเริ่มที่จะนำมาสร้างเป็นรูปแบบแนวคิดให้ได้เป็นมโนทัศน์หรือกระบวนการที่จะนำเสนอ

2.2 เพื่อเป็นข้อมูลให้ครูได้ทราบถึงความเข้าใจและความพร้อมของนักเรียนสำหรับขั้นการให้นิยามหรือชื่อ มีงานวิจัยที่เกี่ยวกับสมองและการพัฒนาเกี่ยวกับประสาทสมองเสนอแนะว่าโอกาสในการใช้พฤติกรรมการแสดงออกหลาย ๆ แบบเป็นสิ่งจำเป็นอย่างยิ่งสำหรับการเรียนรู้และมีการพัฒนาเกิดขึ้น

3. การให้นิยามหรือชื่อ ขั้นการให้นิยามหรือชื่อเป็นการให้คำนิยาม หรือให้ชื่อ โดยครูเป็นผู้ให้หรือแหล่งวิทยาการอื่น เช่น จากตำรา ภาพยนตร์ วิทยากรเป็นผู้ให้จากประสบการณ์ที่เกี่ยวกับมโนทัศน์ หรือกระบวนการที่มีมาก่อนในขั้นการสำรวจ โดยปกติแล้วจะต้องมีการให้ตัวอย่างเกี่ยวกับมโนทัศน์หรือกระบวนการเพิ่มเติมในตอนนี้ เพื่อให้มีความหมายมากขึ้นต่อประสบการณ์ และการแสดงออกที่ผ่านมา ในขั้นตอนนี้ อาจมีการตั้งคำถามใหม่ เพื่อให้มีการสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักร อันต่อไป

4. การนำไปใช้ ขั้นตอนการนำไปใช้ เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้เข้าใจมโนทัศน์หรือกระบวนการได้ดีขึ้น โดยการนำมโนทัศน์หรือกระบวนการนำไปใช้ในสถานการณ์ต่าง ๆ การนำไปใช้ซ้ำ เป็นการช่วยให้นักเรียนได้ใช้นิยามหรือชื่อในบริบทที่เหมาะสมและเป็นการช่วยให้จดจำมโนทัศน์หรือกระบวนการนั้นได้นาน กิจกรรมขั้นการนำไปใช้สามารถใช้เป็นประสบการณ์ขั้นการสำรวจ สำรวจมโนทัศน์หรือกระบวนการใหม่ที่เกี่ยวข้องและการจัดกิจกรรมขั้นการนำไปใช้อาจมีมากกว่า 1 ครั้ง ก่อนที่จะเรียนรู้แบบวัฏจักรอันใหม่

ต่อมาในปี ค.ศ.1992 นักการศึกษาในกลุ่ม BSCS (Biological Science Curriculum Study) ได้แบ่งขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ออกเป็น 5 ขั้น คือ

1. การนำเข้าสู่บทเรียน ขั้นนี้จะมีลักษณะเป็นการแนะนำบทเรียนกิจกรรมจะประกอบด้วย การซักถามปัญหา การทบทวนความรู้เดิม การกำหนดกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นในการจัดการเรียนรู้และเป้าหมายที่ต้องการ
2. การสำรวจ ขั้นนี้ เป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้แนวความคิดที่มีอยู่แล้วมาจัดความสัมพันธ์กับหัวข้อที่กำลังจะเรียนให้เข้าเป็นหมวดหมู่ ถ้าเป็นกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง การสำรวจ การสืบค้นด้วยวิธีวิทยาศาสตร์ รวมทั้งเทคนิคและความรู้ทางการปฏิบัติ จะต้องดำเนินไปด้วยตัวของนักเรียนเอง โดยมีครูทำหน้าที่เป็นเพียงผู้แนะนำหรือผู้เริ่มต้นในกรณีที่นักเรียนไม่สามารถหาจุดเริ่มต้นได้
3. การอธิบาย ในขั้นตอนนี้กิจกรรมหรือกระบวนการเรียนรู้จะมีการนำความรู้รวบรวมมาแล้วในขั้นที่ 2 มาใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาหัวข้อหรือแนวคิดที่กำลังศึกษาอยู่กิจกรรมอาจประกอบไปด้วย การเก็บรวบรวมข้อมูลจากการอ่าน และการนำข้อมูลมาอภิปราย
4. การลงข้อสรุปและขยายผล ในขั้นตอนนี้ จะเน้นให้นักเรียนได้นำความรู้หรือนำข้อมูลจากขั้นที่ 2 และขั้นที่ 3 มาใช้ กิจกรรมส่วนใหญ่อาจเป็นการอภิปรายในกลุ่มของตนเองเพื่อลงข้อสรุปให้เห็นถึงความเข้าใจ ทักษะกระบวนการและความสัมพันธ์ระหว่างความรู้ต่าง ๆ ที่เกิดขึ้น จะช่วยให้นักเรียนได้มีโอกาสปรับแนวคิดหลักของตนเองในกรณีที่สอดคล้องหรือคลาดเคลื่อนจากข้อเท็จจริง
5. การประเมินผล เป็นขั้นตอนสุดท้ายจากการเรียนรู้โดยครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ตรวจสอบแนวความคิดหลักที่ตนเองได้เรียนรู้มาแล้ว โดยการประเมินผลด้วยตนเองถึงแนวความคิดที่ได้สรุปไว้แล้วในขั้นที่ 4 ว่ามีความสอดคล้องหรือถูกต้องมากน้อยเพียงใด รวมทั้งมีการยอมรับมากน้อยเพียงใด ข้อสรุปที่ได้จะนำไปใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาต่อไป ทั้งนี้จะรวมทั้งการประเมินผลของครูต่อการเรียนรู้ของนักเรียนด้วย

Carin and Sund (1975) อ้างถึงใน ภพ เลหาไพบูลย์ (2542) ได้กล่าวถึงกระบวนการในการสืบเสาะหาความรู้ว่าแบ่งออกเป็นขั้นตอนต่าง ๆ ดังนี้

1. การสร้างสถานการณ์หรือปัญหา เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนในเชิงของปัญหา เพื่อกระตุ้นหรือท้าทายให้นักเรียนคิดและแก้ปัญหา นั้น อาจกระทำได้หลายรูปแบบ เช่น ใช้การกระตุ้น อภิปราย การซักถาม การเล่าเหตุการณ์ การใช้อุปกรณ์สร้างสถานการณ์ที่น่าสงสัยแปลกใจ (Discrepant events) สถานการณ์นั้นหรือปัญหานั้น ควรเป็นสถานการณ์หรือปัญหาที่อยู่ใกล้ตัว จะช่วยสร้างความสนใจให้แก่ นักเรียน และสามารถโยงไปสู่การออกแบบการทดลองที่ต้องการได้

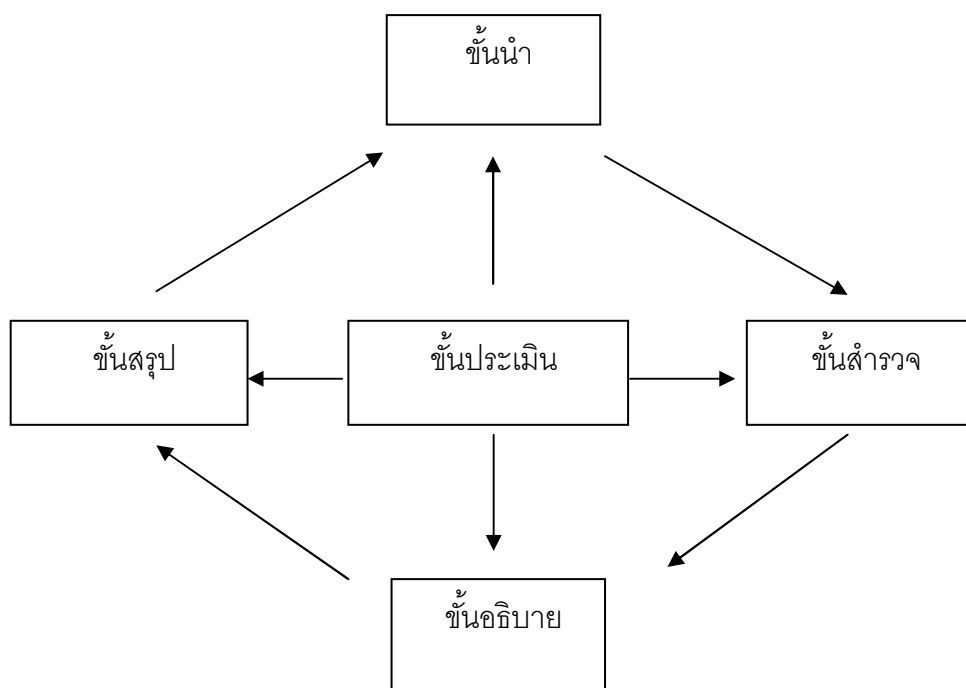
2. การตั้งสมมติฐาน การตั้งสมมติฐาน จะต้องอาศัยสถานการณ์หรือปัญหาจากเนื้อหา ในขั้นแรกเป็นหลัก ใช้คำถามที่ต่อเนื่องและสัมพันธ์กัน เพื่อนำไปสู่การคาดคะเนคำตอบที่อาจเป็นไปได้

3. การออกแบบการทดลอง ครูอาจใช้คำถามเพื่อนำนักเรียนไปสู่การออกแบบการทดลอง และระบุวิธีในการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐานที่ตั้งไว้

4. การทดสอบสมมติฐาน กิจกรรมในขั้นตอนนี้ ได้แก่ การทำการทดลอง และบันทึกผลที่ได้จากการทดลอง โดยครูเป็นผู้ให้คำแนะนำ และช่วยเหลือเท่าที่จำเป็น

5. ข้อสรุปที่ได้จากการทดสอบสมมติฐาน ครูอาจใช้คำถามโดยอาศัยข้อมูลที่ได้จากการทดลองเพื่อนำไปสู่การสรุปหาคำตอบในการแก้ปัญหาข้างต้น และควรมีคำตอบที่สามารถนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ด้วย

Lorsbach (2002) อ้างถึงใน นันทกา คันธิยงค์ (2547) ได้กล่าวถึง การจัดการเรียนรู้ เป็นวิธีการวางแผนในการศึกษาทางด้านวิทยาศาสตร์และยึดหลักทฤษฎีประยุกต์ที่เกี่ยวกับวิธีการเรียนโดยลำพัง วิธีการง่ายต่อการเรียนและมีประโยชน์ในการสร้างโอกาสในการเรียนวิทยาศาสตร์ มีองค์ประกอบ 5 ส่วนรวมกัน ตามภาพที่ 2-1



ภาพที่ 2-1 องค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ (นันทกา คันธิยงค์, 2547)

จากภาพที่ 2-1 สามารถอธิบายองค์ประกอบของการจัดการเรียนรู้ได้ตามขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นนำ ในขั้นนี้ครูผู้สอนต้องการสร้างความสนใจและก่อให้เกิดความอยากรู้อยากเห็นในหัวข้อที่เรียน เช่น สร้างคำถามที่ต้องการค้นหาความจริงจากความรู้เดิมของนักเรียน พร้อมกับเปิดโอกาสให้ครูผู้สอนได้ชี้แนะ ถึงความเข้าใจผิดบางประการ ต่อความรู้เดิมนั้น ในขั้นตอนนี้ นักเรียนควรจะถูกถามคำถาม กิจกรรมที่นำเข้าสู่บทเรียนจะต้องให้สถานการณ์ที่ขัดแย้งกัน และเกี่ยวข้องกับเรื่องราวที่นักเรียนจะเรียน

2. ขั้นสำรวจ ในขั้นสำรวจ นักเรียนควรได้รับโอกาสในการทำงานร่วมกัน โดยไม่ได้รับการสอนโดยตรงจากครู ครูจะทำหน้าที่เป็นผู้อำนวยความสะดวก มีหน้าที่ช่วยเหลือนักเรียนในการวางกรอบคำถามด้วยการถามคำถาม และการสังเกต ขั้นนี้ ทำให้นักเรียนขาดสมดุลทางความคิดเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ทดสอบการคาดคะเน และสมมติฐาน และหรือสร้างรูปแบบใหม่ พยายามให้ทางเลือก และถกเถียง (Discuss) ปัญหาเกี่ยวกับนักเรียน บันทึกสิ่งที่สังเกตได้และความคิด (Ideas) และลงความคิดเห็นของข้อมูลที่ได้มา

3. ขั้นอธิบาย ครูควรกระตุ้นนักเรียนให้อธิบายความคิดรวบยอด โดยใช้คำพูดของนักเรียนเอง ครูควรถามเพื่อให้ทราบถึงเหตุการณ์และการอธิบายความเข้าใจของนักเรียน นักเรียนควรฟังคำอธิบายของผู้อื่นและของครูผู้สอนอย่างคิดวิเคราะห์ นักเรียนควรใช้การสังเกตและการบันทึกในการอธิบายในขั้นนี้ ครูควรเตรียมนิยามและคำอธิบายจากประสบการณ์และจากขั้นสำรวจของนักเรียนเป็นพื้นฐานในการอธิบาย

4. ขั้นสรุป ในขั้นนี้ นักเรียนควรประยุกต์ความคิดรวบยอด และทักษะไปใช้ในสถานการณ์อื่น (แต่คล้ายกับสถานการณ์เดิม) และใช้นิยามศัพท์และคำอธิบายอย่างเป็นทางการ ครูจะเตือนให้นักเรียนระลึกถึงคำอธิบายต่าง ๆ และพิจารณาหลักฐานและข้อมูลที่ปรากฏ พร้อมกับนำเอาคำอธิบายต่าง ๆ เหล่านั้นไปใช้กับสถานการณ์ใหม่ๆ สำหรับกลวิธีการสำรวจจะมีการประยุกต์อย่างเหมาะสม เนื่องจากนักเรียนจะมีข้อมูลล่วงหน้าในการถามคำถาม เสนอวิธีการแก้ปัญหาตัดสินใจทดลอง และบันทึกการสังเกต

5. ขั้นประเมิน การประเมินผลจากประสบการณ์การเรียนรู้ทั้งหมดของนักเรียน ครูควรสังเกตความรู้และหรือทักษะการประยุกต์ความคิดรวบยอดและการเปลี่ยนแปลงทางความคิดของนักเรียน นักเรียนควรประเมินการเรียนรู้ด้วยตนเอง ครูควรถามคำถามที่อาจจะกระตุ้นการสืบเสาะหาความรู้ในอนาคต

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2543) อ้างถึงใน นันทกา คันทิงค์ (2547) ได้นำวัฏจักรการเรียนรู้ของ 5E ของโครงการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์ สาขาชีววิทยาของสหรัฐอเมริกา (Biological

Science Curriculum Studies หรือ BSCS) มาทดลองดัดแปลงเพื่อให้เหมาะสมกับเด็กไทย โดยมุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถร่วมกันแสวงหา ค้นพบและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง อีกทั้งยังให้นักเรียนมีโอกาสประสบผลสำเร็จในการเรียนและเรียนรู้อย่างมีความสุขภายใต้สภาพการณ์ที่จำลองหรือที่เป็นจริงเพื่อให้เหมาะสมกับนักเรียนไทยมีขั้นตอน 5 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นนำ (Engagement Phase) เป็นขั้นที่ครูผู้สอนกระตุ้นเพื่อสร้างความสนใจแก่นักเรียนหรือตรวจสอบ ทบทวนความรู้และประสบการณ์เดิมของนักเรียน เพื่อนำเข้าสู่การเรียนรู้บทเรียนใหม่

2. ขั้นสำรวจ/ขั้นสำรวจข้อมูล เพื่อการค้นพบ (Exploration Phase) เป็นขั้นที่นักเรียนได้ปฏิบัติกิจกรรมโดยอาจปฏิบัติเป็นกลุ่มหรือรายบุคคล โดยนักเรียนสามารถนำความรู้และประสบการณ์เดิมมาสัมพันธ์กับความรู้ใหม่ จึงทำให้นักเรียนสามารถค้นพบหรือสร้างความรู้ด้วยตนเอง โดยครูผู้สอนมีบทบาทเป็นผู้อำนวยความสะดวกในการเรียนรู้เป็นที่ปรึกษา และเป็นผู้กระตุ้นให้นักเรียนเกิดการค้นพบ สร้างความรู้ด้วยตนเอง กล่าวโดยสรุป ขั้นนี้เป็นขั้นที่นักเรียนเกิดหรือค้นพบมโนทัศน์

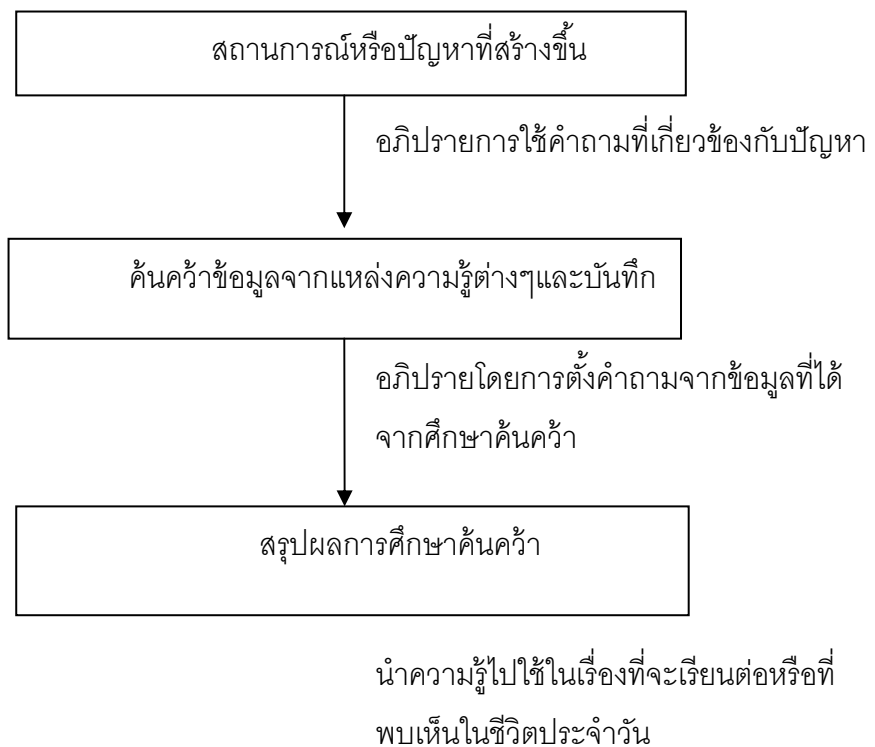
3. ขั้นอธิบาย/ขั้นนำเสนอข้อมูลเพื่อการค้นพบ (Explanation Phase) เป็นขั้นที่นักเรียนอธิบายหรือนำเสนอ มโนทัศน์หรือความรู้ที่ค้นพบในขั้นที่ 2 โดยอาจใช้ความรู้และประสบการณ์เดิมเป็นฐาน ประกอบกับหลักฐานและข้อมูลที่ค้นพบใหม่ ครูผู้สอนมีบทบาทตั้งคำถามและให้ความรู้หรือข้อมูลเพิ่มเติม เพื่อให้ นักเรียนกระจำชัดยิ่งขึ้น

4. ขั้นขยายหรือประยุกต์ใช้มโนทัศน์/ขั้นประยุกต์ใช้ (Elaboration Phase) เป็นขั้นที่นักเรียนประยุกต์ใช้มโนทัศน์ในสถานการณ์ใหม่ หรือในสภาพการณ์ที่เป็นจริง หรืออาจขยายมโนทัศน์นั้น ๆ ให้กว้างขึ้นจนก่อให้เกิดความรู้ที่ลึกซึ้งหรือมโนทัศน์อื่น ๆ ที่สัมพันธ์ หรือเกี่ยวข้องกัน

5. ขั้นแลกเปลี่ยนเรียนรู้ (Exhibition Phase) เป็นขั้นที่ดัดแปลงจากรูปแบบเดิม คือขั้นประเมินผล (Evaluation Phase) ทั้งนี้ เพราะชุดกิจกรรมนี้ ได้ระบุดัชนีบ่งชี้ผลการเรียนรู้ หรือหลักฐานการเรียนรู้ไว้ในทุกชั้นของกิจกรรมการเรียนการสอน นั่นคือการวัดและประเมินผลอย่างต่อเนื่องตลอดเวลา จึงเปลี่ยนขั้นที่ 5 เป็นขั้นแลกเปลี่ยนเรียนรู้ ซึ่งมุ่งให้นักเรียนนำผลการประยุกต์ใช้หรือผลการค้นพบความรู้จากขั้นที่ 4 มาจัดแสดงเพื่อแลกเปลี่ยนความรู้ ความคิด ทักษะ และเจตคติต่อการทำกิจกรรมต่าง ๆ โดยมีปฏิสัมพันธ์ร่วมกันและปฏิสัมพันธ์กับครู อันก่อให้เกิดสังคมแห่งการเรียนรู้

กระทรวงศึกษาธิการ (2545) และ พันธุ์ ทองชุมนุม (2547) เสนอขั้นตอนของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ ดังนี้

1. สร้างสถานการณ์หรือปัญหาจากเนื้อหา ให้สอดคล้องกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดและแก้ปัญหา นั้น สถานการณ์ควรอยู่ใกล้ตัว ดึงดูดความสนใจของนักเรียนและโยงไปสู่การออกแบบการค้นคว้าได้
2. ใช้คำถามในการอภิปรายเพื่อนำไปสู่แนวทางการหาคำตอบของปัญหาและควรเป็นคำถามที่นักเรียนนำไปสู่การคาดคะเนคำตอบที่เป็นไปได้ (สมมติฐาน)
3. ใช้คำถามเพื่อนำไปสู่การออกแบบการค้นคว้า การกำหนดเครื่องมือเก็บรวบรวมข้อมูลการกำหนดแหล่งข้อมูล
4. นักเรียนดำเนินการศึกษาค้นคว้าจากแหล่งค้นคว้าที่กำหนด ทำการบันทึกผลและจัดหมวดหมู่ที่ได้จากการศึกษาค้นคว้า
5. ใช้คำถามในการอภิปรายเพื่อสรุปผลการศึกษาค้นคว้า การใช้คำถามต้องอาศัยข้อมูลจากการสืบค้นของนักเรียนเป็นหลัก เพื่อนำไปสู่คำตอบในการแก้สถานการณ์หรือปัญหาข้างต้นและควรจะมีคำถามที่ฝึกให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปใช้ในสถานการณ์ที่พบเห็นในชีวิตประจำวัน หรือเรื่องที่เรียนต่อไป ดังภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-2 แสดงกิจกรรมขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
(พันธ์ ทองชุมนุม, 2547)

ชูศิลป์ อัดชู (2550) ได้กล่าวถึงขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งมี ความสอดคล้องกับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ (learning cycle) ที่นำเสนอโดยนัก การศึกษากลุ่ม BSCS (Biological Science Curriculum Study) ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 5 ขั้นตอน ดังนี้

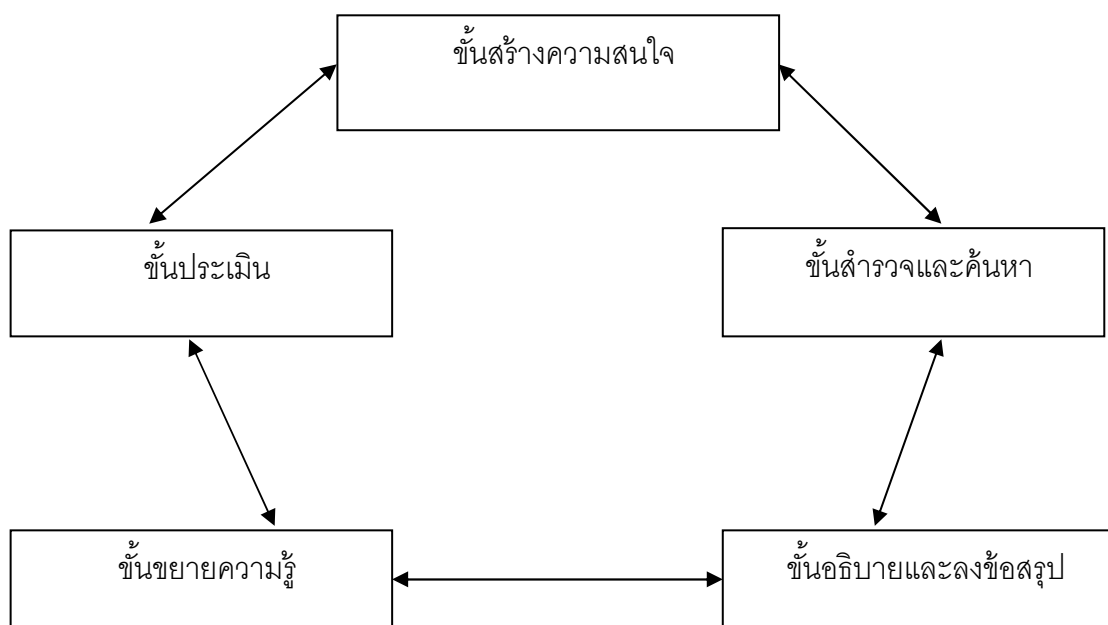
1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่ง อาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการ อภิปราย ในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้น หรือเป็น เรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนด ประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่มีประเด็นใดที่น่าสนใจ ครูอาจให้ศึกษาจากสื่อต่าง ๆ หรือเป็นผู้ กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลัง สนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจ และนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ ต้องการศึกษาก็ร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความ ชัดเจนยิ่งขึ้นสถานการณ์หรือปัญหาที่สร้างขึ้น

2. ขั้นการสำรวจค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่ สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจ ตรวจสอบ ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อเสนอแนะ หรือ ปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบ อาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรม ภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาข้อมูล จากเอกสารอ้างอิงหรือ จากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้ข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. ขั้นอภิปรายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการ สำรวจตรวจสอบแล้วจึงนำข้อมูล ข้อเสนอแนะ ที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลที่ได้ ในรูปต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์ หรือรูปวาด สร้างตาราง การ ค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็น ที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้ เดิม หรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติม หรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์ หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

5. **ขั้นประเมิน (Evaluation)** เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียน มีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใดจากขั้นนี้ จะนำไปสู่การนำไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ



ภาพที่ 2-3 แสดงกิจกรรมขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น

(ชูศิลป์ อัดชู, 2550)

จากขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้นี้ สามารถสะท้อนให้เห็นว่านักเรียนได้เรียนรู้อะไร ดังนั้น ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้หรือรูปแบบการสอนนี้เป็นทั้งรูปแบบการเรียนรู้ของนักเรียนและเป็นรูปแบบการสอนของครู

2.4 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้และการส่งเสริมการสืบเสาะหาความรู้

การที่จะจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ให้ประสบความสำเร็จนั้น ครูต้องมีคุณสมบัติและปฏิบัติหน้าที่ในประเด็นหลัก ๆ ต่อไปนี้ โดยตัวครูต้องมีความรู้เกี่ยวกับกระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่ถูกต้อง มีความรู้ความเข้าใจในเนื้อหาสาระวิทยาศาสตร์อย่างเพียงพอ และรู้ความสามารถของตนเองในการจัดการเรียนรู้ในห้องเรียน ครูวิทยาศาสตร์จะมีบทบาทเป็นผู้เรียนรู้เสมอภาคกับนักเรียนไม่ใช่ครูเป็นผู้นำการเรียนรู้ และสนับสนุนให้นักเรียนได้ใช้เครื่องมือ วัสดุอุปกรณ์ ร่วมมือร่วมใจและมีความรับผิดชอบในการทำงาน ให้นักเรียนได้มีโอกาส

พูดคุยแลกเปลี่ยนความรู้และความคิดเห็น และให้นักเรียนเข้าใจว่าพฤติกรรมและการปฏิบัติอะไรที่ต้องแสดงออกมา (NRC, 2000) ในการจัดการเรียนรู้โดยใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน จะประสบความสำเร็จ นอกจากประเด็นดังกล่าวข้างต้นแล้ว ในแต่ละขั้นตอน ครูต้องแสดงบทบาทของตนเอง Trowbridge and Bybee (1996) ได้กล่าวไว้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) ในบทบาทของครูผู้สอนดังตารางที่ 2-3

ตารางที่ 2-3 บทบาทของครูในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

ขั้นตอนการเรียนรู้	สิ่งที่ครูควรทำ	
	สอดคล้องกับ 5Es	ไม่สอดคล้องกับ 5Es
1. การสร้างความสนใจ (Engage)	<ul style="list-style-type: none"> - สร้างความสนใจ - สร้างความอยากรู้อยากเห็น - ตั้งคำถามกระตุ้นให้นักเรียนคิด 	<ul style="list-style-type: none"> - อธิบายความคิดรวบยอด - ให้คำจำกัดความและคำตอบ - สรุปประเด็นให้
2. การสำรวจและค้นหา (Explore)	<ul style="list-style-type: none"> - ส่งเสริมให้นักเรียนทำงาน - ร่วมกันในการสำรวจตรวจสอบ - สังเกตและฟังการโต้ตอบกันระหว่างนักเรียนกับนักเรียน - ชักถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบของนักเรียน - ให้นักเรียนในการคิดข้อสงสัย - ทำหน้าที่ให้คำปรึกษาแก่นักเรียน 	<ul style="list-style-type: none"> - เตรียมคำตอบไว้ให้ - บอกหรืออธิบายวิธีการแก้ปัญหา - จัดคำตอบให้เป็นหมวดหมู่ - บอกนักเรียนเมื่อนักเรียนทำไม่ถูก - ให้ข้อมูลหรือข้อเท็จจริงที่ใช้ในการแก้ปัญหา - นำนักเรียนแก้ปัญหาทีละขั้นตอน
3. การอธิบาย (Explain)	<ul style="list-style-type: none"> - ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายความคิดรวบยอดหรือแนวคิดหรือให้คำจำกัดความด้วยคำพูดของตนเอง - ให้นักเรียนแสดงหลักฐานให้ 	<ul style="list-style-type: none"> - ยอมรับคำอธิบายโดยไม่มีหลักฐานหรือไม่มีเหตุผลประกอบ - ไม่สนใจคำอธิบายของนักเรียน - แนะนำนักเรียนโดยปราศจากการเชื่อมโยงความคิด หรือ

ตารางที่ 2-3 (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนรู้ การสอน	สิ่งที่ครูควรทำ	
	สอดคล้องกับ 5Es	ไม่สอดคล้องกับ 5Es
	เหตุผลและอธิบายให้กระจ่าง - ให้นักเรียนอธิบายให้คำจำกัด ความและชี้บอกส่วนประกอบต่าง ๆ ในแผนภาพ	ความคิดรวบยอดหรือทักษะ
4. การขยายความรู้ (Elaborate)	- คาดหวังให้นักเรียนได้ใช้ ประโยชน์จากการชี้บอกส่วน ประกอบต่าง ๆ ในแผนภาพคำ จำกัดความและอธิบายสิ่งที่ได้ เรียนรู้มาแล้ว - ส่งเสริมให้นักเรียนนำสิ่งที่ นักเรียนได้เรียนรู้ไปประยุกต์ใช้ หรือขยายความรู้และทักษะใน สถานการณ์ใหม่ - ให้นักเรียนอธิบายอย่าง หลากหลาย - ให้นักเรียนอ้างอิงข้อมูลที่มีอยู่ พร้อมทั้งแสดงหลักฐานและถาม คำถามนักเรียนว่าได้เรียนรู้ อะไรบ้าง หรือได้แนวคิดอะไร(ที่ จะนำผลวิธีจากการสำรวจ ตรวจสอบครั้งนี้ไปประยุกต์ใช้)	- ให้คำตอบที่ชัดเจน - บอกนักเรียนเมื่อนักเรียนทำไม่ ถูก - ใช้เวลามากในการบรรยาย - นำนักเรียนแก้ปัญหาที่ละ ขั้นตอน - อธิบายวิธีการแก้ปัญหา
5. การประเมินผล (Evaluate)	- สังเกตนักเรียนในการนำ ความคิดรวบยอดและทักษะใหม่ ไปประยุกต์	- ทดสอบคำนิยามศัพท์และ ข้อเท็จจริง - ให้แนวคิดหรือความคิดรวบยอด

ตารางที่ 2-3 (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนรู้	สิ่งที่ครูควรทำ	
	การสอน	ไม่สอดคล้องกับ 5Es
	<p>สอดคล้องกับ 5Es</p> <ul style="list-style-type: none"> - ประเมินความรู้และทักษะของนักเรียน - หาหลักฐานที่แสดงว่านักเรียนได้เปลี่ยนความคิดหรือพฤติกรรม - ให้นักเรียนประเมินตนเองเกี่ยวกับการเรียนรู้และทักษะกระบวนการกลุ่ม - ถามคำถามปลายเปิด เช่น ทำไมนักเรียนจึงคิดเช่นนั้น มีหลักฐานอะไร นักเรียนเรียนรู้อะไรเกี่ยวกับสิ่งนั้นและจะอธิบายสิ่งนั้นอย่างไร 	<p>ใหม่</p> <ul style="list-style-type: none"> - ทำให้คลุมเครือ - ส่งเสริมการอภิปรายที่ไม่เชื่อมโยงความคิดรวบยอดหรือทักษะ

ในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ นั้น ครูจะต้องมีการวางแผนเตรียมการล่วงหน้า เพื่อความสนใจในบทเรียน ในการจัดกิจกรรมต้องกระตุ้นให้นักเรียนคิดมีส่วนร่วมในกิจกรรม มีการสร้างแรงจูงใจและเสริมแรงอย่างต่อเนื่องสม่ำเสมอและกิจกรรมที่จะปฏิบัติ ครูจะต้องเป็นผู้รู้จักการป้อนคำถามจะต้องป้อนคำถามเก่ง เลือกลงคำถามที่มีความยากง่ายพอเหมาะ กับความสามารถของนักเรียน ไม่ควรบอกคำตอบทันที ควรแนะนำให้นักเรียนหาคำตอบได้เอง จะต้องรู้ว่าคำถามอย่างไร เด็กจึงจะเกิดความคิด ถามอย่างไร เด็กจึงจะเกิดความจำ และถามอย่างไร เด็กจึงจะเกิดความเข้าใจ เวลาเด็กถามก็อย่าบอกคำตอบทันที เพราะการทำเช่นนั้น จะทำให้เด็กไม่ใช้ความคิด นาน ๆ ครั้ง ครูจึงตอบคำถามโดยตรงสักครั้งหนึ่ง การสอนแบบนี้ ครูต้องเป็นนักถาม ไม่ใช่ให้นักตอบ เมื่อได้ตัวปัญหาแล้วให้นักเรียนทั้งชั้นอภิปรายวางแผนแก้ปัญหา กำหนดวิธีการแก้ปัญหาเอง เมื่อตกลงกันได้แล้ว ก็ให้แต่ละคนหรือแต่ละกลุ่มลงมือปฏิบัติการปฏิบัติการต่อไป ถ้านักเรียนยังนึกวิธีการไม่ได้ ครูอาจเล่าตัวอย่างจริงที่นักวิทยาศาสตร์ได้ค้นพบเรื่องนี้ พอเป็นแนวทางก็ได้ ถ้าปัญหาโดยยากเกินไป นักเรียนไม่สามารถวางแผนแก้ปัญหาและกำหนดวิธีการ

แก้ปัญหาได้ ครูกับนักเรียนอาจร่วมกันแก้ปัญหาต่อไป โดยครูก็เป็นสมาชิกคนหนึ่งในกลุ่มค้นคว้า นั้น เป็นผู้กำกับและจัดระเบียบต่าง ๆ ของการทำกิจกรรมเพื่อ ฝึกให้นักเรียนทำงานอย่างมี ระเบียบ และดำเนินกิจกรรมอย่างถูกขั้นตอน คอยสร้างบรรยากาศในชั้นเรียน ให้นักเรียนมีความ กระตือรือร้นอยากคิดหาคำตอบของปัญหา และไม่ด่วนสรุปข้อมูลด้วยตนเอง ควรเปิดโอกาสให้ นักเรียนมีการอภิปรายซักถาม เพื่อจะได้เกิดแนวคิดกว้างขวางยิ่งขึ้น แล้วจึงให้นักเรียนเป็นผู้สรุป นอกจากนี้ ครูจะต้องพยายามหาวิธีในการจัดการเรียนรู้หลาย ๆ วิธี มาช่วยในการจัดการเรียนรู้ ด้วย จะทำให้นักเรียนมีความเข้าใจยิ่งขึ้น (อำนาจ เจริญศิลป์, 2537; กระทรวงศึกษาธิการ, 2544; สสวท., 2546)

2.4.1 บทบาทของนักเรียนในการสืบเสาะหาความรู้

Trowbridge and Bybee (1996) ได้กล่าวถึงโมเดลการจัดการเรียนรู้แบบสืบ เสาะหาความรู้ (5Es) ในบทบาทของนักเรียน ดังตารางที่ 2-4

ตารางที่ 2-4 บทบาทของนักเรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es)

ขั้นตอนการเรียนรู้	สิ่งที่ครูควรทำ	
	สอดคล้องกับ 5Es	ไม่สอดคล้องกับ 5Es
1. การสร้างความสนใจ (Engage)	<ul style="list-style-type: none"> - ถามคำถาม เช่น ทำไมสิ่งนี้จึงเกิดขึ้น ฉันได้เรียนรู้อะไรบ้างเกี่ยวกับสิ่งนี้ - แสดงความสนใจ 	<ul style="list-style-type: none"> - ถามหาคำตอบที่ถูกต้อง - ตอบเฉพาะคำตอบที่ถูกต้อง - ยืนยันคำตอบหรือคำอธิบาย
2. การสำรวจและค้นหา (Explore)	<ul style="list-style-type: none"> - คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรม - ทดสอบการคาดคะเนและสมมุติฐาน - คาดคะเนและตั้งสมมุติฐานใหม่ - พยายามหาทางเลือกในการแก้ปัญหาและอภิปรายทางเลือก 	<ul style="list-style-type: none"> - ให้คนอื่นคิดและสำรวจตรวจสอบ - ทำงานเพียงลำพังโดยมีปฏิสัมพันธ์ กับผู้อื่นน้อยมาก - ปฏิบัติอย่างสับสนไม่มีเป้าหมายที่ชัดเจน - เมื่อแก้ปัญหาได้แล้วก็ไม่คิด

ตารางที่ 2-4 (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนรู้	สิ่งที่ครูควรทำ	
	สอน	ไม่สอดคล้องกับ 5Es
	<p>เหล่านั้นกับคนอื่น</p> <p>- บันทึกการสังเกตและให้ข้อคิดเห็น</p> <p>- ลงข้อสรุป</p>	ต่อ
3. การอธิบาย (Explain)	<p>- อธิบายการแก้ปัญหาหรือคำตอบที่ซับซ้อน</p> <p>- ฟังคำอธิบายของคนอื่นอย่างคิดวิเคราะห์</p> <p>- ถามคำถามเกี่ยวกับสิ่งที่คนอื่นได้อธิบาย</p> <p>- ฟังและพยายามทำความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งที่ครูอธิบาย</p> <p>- อ้างอิงกิจกรรมที่ได้ปฏิบัติมาแล้ว</p> <p>- ใช้ข้อมูลที่ได้จากการบันทึก</p>	<p>- อธิบายโดยไม่มี การเชื่อมโยงกับประสบการณ์เดิม</p> <p>- ยกตัวอย่างที่ไม่เกี่ยวข้องกัน</p> <p>- ยอมรับคำอธิบายโดยไม่ให้เหตุผล</p> <p>- ไม่สนใจคำอธิบายของคนอื่นซึ่งมีเหตุผลพอที่จะเชื่อถือได้</p>
4. การขยายความรู้ (Elaborate)	<p>- คำอธิบายและทักษะไปประยุกต์ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม</p> <p>- ใช้ข้อมูลเดิมในการถามคำถามกำหนดจุดประสงค์ในการแก้ปัญหาตัดสินใจ</p>	<p>- ปฏิบัติโดยไม่มีเป้าหมายชัดเจน</p> <p>- ไม่สนใจข้อมูลหรือหลักฐานที่มีอยู่</p> <p>- อธิบายเหมือนกับที่ครูจัดเตรียมไว้หรือกำหนดให้</p>
5. การประเมินผล (Evaluate)	<p>- ตอบคำถามปลายเปิด โดยใช้การสังเกต หลักฐานและคำอธิบายที่ยอมรับมาแล้ว</p> <p>- แสดงออกถึงความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับความคิดรวบยอดหรือทักษะ</p>	<p>- ลงข้อสรุปโดยปราศจากหลักฐานหรือคำอธิบายที่เป็นที่ยอมรับมาแล้ว</p> <p>- ตอบแต่เพียงว่าถูกหรือผิดและอธิบายให้คำจำกัดความ</p>

ตารางที่ 2-4 (ต่อ)

ขั้นตอนการเรียนการ	สิ่งที่ครูควรทำ	
	สอดคล้องกับ 5Es	ไม่สอดคล้องกับ 5Es
สอน	<ul style="list-style-type: none"> - ประเมินความก้าวหน้าด้วยตนเอง - ถามคำถามเพื่อให้มีการตรวจสอบต่อไป 	<ul style="list-style-type: none"> - ไม่สามารถอธิบายเพื่อแสดง ความเข้าใจด้วยคำพูดของตนเอง

นอกจากนี้ นักเรียนจะต้องพยายามค้นพบสิ่งที่เรียนรู้ด้วยตนเอง โดยใช้หลักการต่าง ๆ ใช้ทักษะการสังเกต การใช้เครื่องมือ การดำเนินการทดลอง การบันทึกข้อมูล การอภิปราย การสรุป ซึ่งนำไปสู่การคิดและหลักเกณฑ์ที่สำคัญของบทเรียน แสดงความรู้ ความรู้สึก และความคิดเห็นอย่างมีอิสระและมีเหตุผล พุด ชักถาม หรือโต้เถียงในสิ่งที่นักเรียนเชื่อมั่นและมีเหตุผล (สสวท., 2546)

Michael (2001) ได้เสนอบทบาทของครูและนักเรียน เพื่อให้สอดคล้องกับขั้นตอน และลักษณะของกิจกรรมในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ไว้ดังตารางที่ 2-5

ตารางที่ 2-5 บทบาทของครูและนักเรียนในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ขั้นตอน	ลักษณะของกิจกรรมหรือสถานการณ์	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
1. สร้างความสนใจ (Engage) ครูจัดกิจกรรมหรือสร้างสถานการณ์กระตุ้น	1. เชื่อมโยงกับความรู้หรือประสบการณ์เดิม	1. สร้างความสนใจ	1. ตั้งคำถาม
ยั่วยุ หรือท้าทาย ทำให้นักเรียนสนใจ	2. แปลกใหม่ นักเรียนไม่เคยพบมาก่อน	2. สร้างความอยากรู้	2. ตอบคำถาม
สงสัย ใคร่รู้ อยากรู้	3. ยั่วยุ ท้าทาย	3. ตั้งคำถาม กระตุ้นให้นักเรียนคิด	3. แสดงความคิดเห็น
อยากรู้ อยากเห็น ชัดแจ้งหรือ	4. น่าสนใจ ใคร่รู้	4. ให้เวลานักเรียนคิด	4. กำหนดปัญหาหรือเรื่องที่จะ
	4. เปิดโอกาสให้มีแนวทางการตรวจสอบอย่าง	ก่อนตอบคำถามหรือไม่	สำรวจ ตรวจสอบ
		เร่งเร็วในการตอบ	ให้ชัดเจน

ตารางที่ 2-5 (ต่อ)

ขั้นตอน	ลักษณะของกิจกรรมหรือสถานการณ์	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
เกิดปัญหา และทำให้นักเรียนต้องการศึกษา ค้นคว้า ทดลอง หรือแก้ปัญหา (สำรวจ ตรวจสอบ) ด้วยตัวของนักเรียนเอง	หลากหลาย 5. นำไปสู่กระบวนการตรวจสอบด้วยตัวนักเรียนเอง	คำถาม 5. ดึงเอาคำตอบหรือความคิดที่ยังไม่ชัดเจนไม่สมบูรณ์ 6. เปิดโอกาสให้นักเรียนทำความเข้าใจภาระงานในปัญหาที่จะสำรวจตรวจสอบ	5. แสดงความสนใจ
2. สำรวจและค้นหา (Explore) ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ให้นักเรียนสำรวจ ตรวจสอบปัญหาหรือประเด็นที่นักเรียนสนใจ ใคร่รู้	1. นักเรียนได้เรียนรู้วิธีแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง 2. นักเรียนทำงานตามความคิดอย่างอิสระ 3. นักเรียนตั้งสมมติฐานได้หลากหลาย 4. พิจารณาข้อมูลและข้อเท็จจริงที่ปรากฏแล้ว กำหนดสมมติฐานที่เป็นไปได้ 5. นักเรียนวางแผนแนวทางการสำรวจตรวจสอบ 6. นักเรียนวิเคราะห์อภิปรายเกี่ยวกับ	1. เปิดโอกาสให้นักเรียนได้วิเคราะห์กระบวนการสำรวจตรวจสอบ 2. ชักถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ 3. ส่งเสริมให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกัน 4. ให้นักเรียนในความคิดไตร่ตรองปัญหา 5. สังเกตการทำงานของนักเรียน 6. ฟังการโต้ตอบกันของนักเรียน 7. ทำหน้าที่ในการให้คำปรึกษา 8. อำนวยความสะดวก	1. คิดอย่างอิสระแต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรม 2. ตั้งสมมติฐาน 3. พิจารณาสมมติฐานที่เป็นไปได้โดยการอภิปราย 4. ระดมความคิดเห็นในการแก้ปัญหา 5. ตรวจสอบสมมติฐานอย่างเป็นระบบ ขั้นตอนถูกต้อง 6. บันทึกการสังเกตหรือผลการ

ตารางที่ 2-5 (ต่อ)

ขั้นตอน	ลักษณะของกิจกรรมหรือสถานการณ์	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
	กระบวนการสำรวจ ตรวจสอบ 7. นักเรียนได้ลงมือ ปฏิบัติในการสำรวจ ตรวจสอบ		สำรวจตรวจสอบ อย่างเป็นระบบ ละเอียดรอบคอบ 7. กระตือรือร้น มุ่งมั่นในการ สำรวจ
3. อธิบายและลง ข้อสรุป (Explain) ครู จัดกิจกรรมหรือ สถานการณ์ให้นักเรียน วิเคราะห์ อธิบายความรู้ หรือ อภิปรายซักถาม แลกเปลี่ยนความ คิดเห็น ซึ่งกันและกัน เกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนได้ พัฒนาความรู้ความ เข้าใจในองค์ความรู้ที่ ได้อย่างชัดเจน	1. นักเรียนนำข้อมูลที่ได้ จากสำรวจตรวจสอบมา นำเสนอในลักษณะ 1.1. วิเคราะห์แปล ผล 1.2 สรุปผล 1.3 อภิปราย 2. นักเรียนนำเสนอ ผลงานในรูปแบบต่าง ๆ เช่น รูปวาด ตาราง แผนผัง 3. มีการอภิปราย ซักถามแลกเปลี่ยนความ คิดเห็นเกี่ยวกับผลงาน ของนักเรียน 4. มีการพิสูจน์ตรวจสอบ	1. ส่งเสริมให้นักเรียน ได้อธิบายผลการสำรวจ ตรวจสอบและแนวคิด ด้วยคำพูดของนักเรียน เอง 2. ให้นักเรียนอธิบาย โดยเชื่อมโยง ประสบการณ์ความรู้ เดิมและสิ่งที่ได้เรียนรู้ หรือสิ่งที่ได้ค้นพบเข้า ด้วยกัน 3. ให้นักเรียนอธิบาย โดยมีเหตุผล หลักการ หรือหลักฐานประกอบ 4. ให้ความสนใจกับ คำอธิบายของนักเรียน	1. อธิบายการ แก้ปัญหาหรือผล การสำรวจ ตรวจสอบที่ได้ 2. อธิบายผล การสำรวจ ตรวจสอบ สอดคล้องกับ ข้อมูล 3. อธิบายแบบ เชื่อมโยงสัมพันธ์ และมีเหตุผล หลักการ 4. ฟังการ อธิบายของผู้อื่น แล้วคิดวิเคราะห์ 5. อภิปราย ซักถาม

ตารางที่ 2-5 (ต่อ)

ขั้นตอน	ลักษณะของกิจกรรมหรือสถานการณ์	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
4. ขยายความรู้ (Elaborate) ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่ให้นักเรียนได้ขยายเพิ่มเติม หรือเติมเต็มองค์ความรู้ใหม่ให้กว้างขวางสมบูรณ์ กระจ่างและลึกซึ้งยิ่งขึ้น	<ol style="list-style-type: none"> ให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้เดิมไปสู่ความรู้ใหม่ ให้นักเรียนได้อธิบายและร่วมอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติม หรือเติมเต็มเพื่อให้ได้องค์ความรู้ที่สมบูรณ์ กระจ่าง หรือลึกซึ้งยิ่งขึ้น ให้นักเรียนศึกษาค้นคว้า หรือทดลองเพิ่มขึ้น ให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่นๆ 	<ol style="list-style-type: none"> ส่งเสริมให้นักเรียนอธิบายอย่างละเอียด ชัดเจน สมบูรณ์ และอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติม หรือเติมเต็ม หรือขยายแนวความคิด และทักษะจากการสำรวจ ตรวจสอบ ส่งเสริมให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้จากการสำรวจตรวจสอบกับความรู้อื่นๆ ร่วมอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติม หรือเติมเต็ม หรือขยายกรอบความรู้ความคิดเห็นเพิ่มเติม 	<ol style="list-style-type: none"> ใช้ข้อมูลจากการสำรวจ ตรวจสอบไปอธิบายหรือทักษะจากการสำรวจ ตรวจสอบไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม นำข้อมูลจากการสำรวจ ตรวจสอบไปสร้างความรู้ใหม่ นำความรู้ใหม่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมเพื่ออธิบาย หรือนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน
5. ประเมินผล (Evaluate) ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนวิเคราะห์ วิจัย	<p>มีการตรวจสอบ ความถูกต้อง ความชัดเจน ความสมบูรณ์ของกระบวนการและองค์ความรู้ที่ได้โดย</p> <ol style="list-style-type: none"> วิเคราะห์ แยกเป 	<ol style="list-style-type: none"> ถามคำถามเพื่อนำไปสู่การประเมิน ส่งเสริมให้นักเรียนประเมินกระบวนการและผลงานด้วยตนเอง ให้นักเรียนวิเคราะห์ 	<ol style="list-style-type: none"> วิเคราะห์ กระบวนการสร้างองค์ความรู้ของตนเอง ถามคำถามที่เกี่ยวข้องจากการ

ตารางที่ 2-5 (ต่อ)

ขั้นตอน	ลักษณะของกิจกรรม หรือสถานการณ์	บทบาทครู	บทบาทนักเรียน
หรืออภิปราย ชักถาม แลกเปลี่ยนองค์ ความรู้ซึ่งกันและกัน ในเชิงเปรียบเทียบ ประเมิน ปรับปรุง เพิ่มเติม หรือทบทวน ใหม่ทั้งกระบวนการ และองค์ความรู้	เรียนรู้ซึ่งกันและกัน 2. วิจาร์ณหรืออภิปราย เพื่อประเมิน ปรับปรุง 3. เปรียบเทียบผลการ สำรวจตรวจสอบกับ สมมติฐานที่กำหนดไว้	สิ่งที่ควรปรับปรุงแก้ไข ในการสำรวจตรวจสอบ ทั้งกระบวนการและองค์ ความรู้ที่ได้	สังเกต หลักฐาน และคำอธิบาย เพื่อความเข้าใจที่ ถูกต้อง ชัดเจน สมบูรณ์ และอาจ นำไปสู่การสำรวจ ตรวจสอบใหม่ 3. ประเมิน กระบวนการและ องค์ความรู้ของ ตนเอง

ดังนั้น จากบทบาทของครูและนักเรียนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ที่กล่าวมา จะเห็นได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ นั้น ครูจะต้องมีการสร้างสถานการณ์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่าง ๆ ด้วยตัวนักเรียนเอง สถานการณ์นั้นเป็นปัญหาสำหรับนักเรียน ทำให้นักเรียนต้องค้นหาสาเหตุเพื่ออธิบายปัญหานั้น โดยนักเรียนและครูเป็นผู้สืบเสาะหาความรู้ด้วยการตั้งคำถามจุดมุ่งหมายปลายทางคือ นักเรียนต้องเป็นผู้สืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเอง ใช้ความคิดหาความสัมพันธ์ของสิ่งที่พบเห็น พุดแสดงความคิดเห็น อภิปราย ในเรื่องที่เรียน สามารถสรุปความรู้ได้ด้วยตนเอง โดยที่ครูต้องใช้เทคนิคการใช้คำถามอย่างรัดกุม และเหมาะสม ที่จะช่วยนำทางให้นักเรียนค้นหาความรู้

2.4.2 การส่งเสริมการสืบเสาะหาความรู้

การจัดการเรียนรู้ที่ส่งเสริมการสืบเสาะหาความรู้มีปัจจัยที่เกี่ยวข้องของหลายด้าน โดยเฉพาะครู นักเรียน บรรยากาศในห้องเรียน เนื่องจากเป็นการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง ให้โอกาสแก่ผู้เรียนได้ฝึกคิด ฝึกสังเกต ฝึกถาม-ตอบ ฝึกการสื่อสาร ฝึกเชื่อมโยงบูรณาการฝึกนำเสนอ ฝึกวิเคราะห์วิจารณ์ ฝึกสร้างองค์ความรู้ โดยมีครูเป็นผู้กำกับ

ควบคุม ดำเนินการให้คำปรึกษา ชี้แนะ ช่วยเหลือ ให้กำลังใจ เป็นผู้กระตุ้นส่งเสริมให้ผู้เรียนคิด
 อยากรู้ อยากเห็น และสืบเสาะหาความรู้จากการถามคำถาม และพยายามค้นหาคำตอบหรือสร้าง
 องค์ความรู้ใหม่ด้วยตนเองผ่านกระบวนการคิดและปฏิบัติ ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์เป็น
 เครื่องมือ รวมทั้งครูร่วมแลกเปลี่ยนเรียนรู้กับผู้เรียน และสร้างบรรยากาศการสืบเสาะหาความรู้ที่
 เอื้อให้ผู้เรียนคิดอย่างอิสระ ขอบข่ายรายละเอียดของรูปแบบปรากฏ ดังนี้

ตารางที่ 2-6 ลักษณะกิจกรรมการส่งเสริมการสืบเสาะหาความรู้

ขั้นตอน	ลักษณะของกิจกรรม หรือสถานการณ์	บทบาทของครู	บทบาทของ นักเรียน
1. สร้างความสนใจ (Engage) ครูจัด กิจกรรมหรือสร้าง สถานการณ์กระตุ้น ยั่วยุ หรือท้าทาย ทำ ให้นักเรียนสนใจ สงสัย ใคร่รู้ อยากรู้ อยากเห็น ชัดแย้ง หรือ เกิดปัญหา และทำ ให้นักเรียนต้องการศึกษา ค้นคว้า ทดลอง หรือ แก้ปัญหา (สำรวจ ตรวจสอบ) ด้วยตัว ของนักเรียนเอง	1. เชื่อมโยงกับความรู้ หรือประสบการณ์เดิม 2. แปลกใหม่ นักเรียน ไม่เคยพบมาก่อน 3. ยั่วยุ ท้าทาย น่าสนใจ ใคร่รู้ 4. เปิดโอกาสให้มีแนว ทางการตรวจสอบ อย่างหลากหลาย 5. นำไปสู่ กระบวนการตรวจสอบ ด้วยตนเองนักเรียนเอง	1. สร้างความสนใจ 2. สร้างความอยากรู้ อยากเห็น 3. ตั้งคำถาม กระตุ้น ให้นักเรียนคิด 4. ให้เวลานักเรียนคิด ก่อนตอบคำถาม หรือไม่เร่งเร็วในการ ตอบคำถาม 5. ตั้งคำถามหรือ ความ คิดที่ยังไม่ ชัดเจนไม่สมบูรณ์ 6. เปิดโอกาสให้ นักเรียนทำความเข้าใจ กระจำงในปัญหาที่จะ สำรวจตรวจสอบ 7. เปิดโอกาสให้ นักเรียนเลือกหรือ กำหนดปัญหาที่จะ	1. ตั้งคำถาม 2. ตอบคำถาม 3. แสดงความคิดเห็น 4. กำหนดปัญหาหรือ เรื่องที่จะสำรวจ ตรวจสอบให้ชัดเจน 5. แสดงความสนใจ

ตารางที่ 2-6 (ต่อ)

ขั้นตอน	ลักษณะของกิจกรรมหรือสถานการณ์	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
		สำรวจตรวจสอบ	
2. สำรวจและค้นหา (Explore) ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ให้นักเรียนสำรวจ ตรวจสอบปัญหา หรือประเด็นที่นักเรียนสนใจ ใคร่รู้	<ol style="list-style-type: none"> นักเรียนได้เรียนรู้วิธีแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง นักเรียนทำงานตามความคิดอย่างอิสระ นักเรียนตั้งสมมติฐานได้หลากหลาย พิจารณาข้อมูลและข้อเท็จจริงที่ปรากฏแล้วกำหนดสมมติฐานที่เป็นไปได้ นักเรียนวางแผนแนวทางการสำรวจตรวจสอบ นักเรียนวิเคราะห์อภิปรายเกี่ยวกับกระบวนการสำรวจตรวจสอบ นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติในการสำรวจตรวจสอบ 	<ol style="list-style-type: none"> เปิดโอกาสให้นักเรียนได้วิเคราะห์กระบวนการสำรวจตรวจสอบ ซักถามเพื่อนำไปสู่การสำรวจตรวจสอบ ส่งเสริมให้นักเรียนได้ทำงานร่วมกันในการสำรวจตรวจสอบ ให้เวลานักเรียนในการคิดไตร่ตรองปัญหา สังเกตการณ์ทำงานของนักเรียน ฟังการโต้ตอบกันของนักเรียน ทำหน้าที่ในการให้คำปรึกษา อำนวยความสะดวก 	<ol style="list-style-type: none"> คิดอย่างอิสระ แต่อยู่ในขอบเขตของกิจกรรม ตั้งสมมติฐาน พิจารณาสมมติฐานที่เป็นไปได้โดยการอภิปราย ระดมความคิดเห็นในการแก้ปัญหาในการสำรวจตรวจสอบ ตรวจสอบสมมติฐานอย่างเป็นระบบ ขั้นตอนถูกต้อง บันทึกการสังเกตหรือผลการสำรวจตรวจสอบ อย่างเป็นระบบ ละเอียดรอบคอบ กระตือรือร้นมุ่งมั่นในการสำรวจตรวจสอบ

ตารางที่ 2-6 (ต่อ)

ขั้นตอน	ลักษณะของ กิจกรรม หรือสถานการณ์	บทบาทของครู	บทบาทของ นักเรียน
3. อธิบายและลง ข้อสรุป (Explain) ครู จัดกิจกรรมหรือ สถานการณ์ให้ นักเรียนวิเคราะห์ อธิบายความรู้ หรือ อภิปรายซักถาม แลกเปลี่ยนความ คิดเห็น ซึ่งกันและกัน เกี่ยวกับสิ่งที่ได้เรียนรู้ หรือสิ่งที่ได้ค้นพบ เพื่อให้นักเรียนได้ พัฒนาความรู้ความ เข้าใจในองค์ความรู้ที่ ได้อย่างชัดเจน	1. นักเรียนนำข้อมูลที่ ได้จากการสำรวจ ตรวจสอบมานำเสนอ ในลักษณะ 1.1 วิเคราะห์ แปล ผล 1.2 สรุปผล 1.3 อภิปราย 2. นักเรียนนำเสนอ ผลงานในรูปแบบต่าง ๆ เช่น รูปภาพ ตาราง แผนผัง 3. มีการอภิปราย ซักถามแลกเปลี่ยน ความคิดเห็นเกี่ยวกับ ผลงานของนักเรียน 4. มีการพิสูจน์ ตรวจสอบให้แน่ใจ (ทำซ้ำหรือมี เอกสารอ้างอิง หรือ หลักฐานชัดเจน)	1. ส่งเสริมให้นักเรียน ได้อธิบายผลการ สำรวจตรวจสอบ และ แนวคิดด้วยคำพูดของ นักเรียนเอง 2. ให้นักเรียนอธิบาย โดยเชื่อมโยง ประสบการณ์ความรู้ เดิม และสิ่งที่ได้เรียนรู้ หรือสิ่งที่ได้ค้นพบเข้า ด้วยกัน 3. ให้นักเรียนอธิบาย โดยมีเหตุผล หลักการ หรือหลักฐานประกอบ 4. ให้ความสนใจกับ คำ อธิบายของ นักเรียน	1. อธิบายการ แก้ปัญหาหรือผลการ สำรวจตรวจสอบที่ได้ 2. อธิบายผลการ สำรวจตรวจสอบ สอดคล้องกับข้อมูล 3. อธิบายแบบ เชื่อมโยงสัมพันธ์และ มีเหตุผลหลักการ หรือ หลักฐานประกอบ 4. ฟังการอธิบายของ ผู้อื่น แล้วคิด วิเคราะห์ 5. อภิปรายซักถาม เกี่ยวกับสิ่งที่เพื่อน อธิบาย
4. ขยายความรู้ (Elaborate) ครูจัด กิจกรรมหรือ สถานการณ์ที่ให้	1. ให้นักเรียน เชื่อมโยงความรู้เดิม ไปสู่ความรู้ใหม่ 2. ให้นักเรียนได้	1. ส่งเสริมให้นักเรียน อธิบายอย่างละเอียด ชัดเจน สมบูรณ์ และ อภิปรายแสดง	1. ใช้ข้อมูลจากการ สำรวจตรวจสอบไป อธิบายหรือทักษะจาก การสำรวจตรวจสอบ

ตารางที่ 2-6 (ต่อ)

ขั้นตอน	ลักษณะของ กิจกรรม หรือสถานการณ์	บทบาทของครู	บทบาทของ นักเรียน
นักเรียนได้ขยายเพิ่มเติม หรือเติมเต็มองค์ความรู้ใหม่ให้กว้างขวางสมบูรณ์ กระจำงและลึกซึ้งยิ่งขึ้น	อธิบายและร่วมอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมหรือเติมเต็มเพื่อให้ได้องค์ความรู้ที่สมบูรณ์กระจำง หรือลึกซึ้งขึ้นหรือขยายกรอบความรู้ความคิดให้กว้างขึ้น 3. ให้นักเรียนศึกษาค้นคว้า หรือทดลองเพิ่มขึ้น 4. ให้นักเรียนนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ หรือสถานการณ์	ความคิดเห็นเพิ่มเติมหรือเติมเต็มหรือขยายแนวความคิด และทักษะจากการสำรวจตรวจสอบ 2. ส่งเสริมให้นักเรียนเชื่อมโยงความรู้จากการสำรวจตรวจสอบกับความรู้อื่น ๆ 3. ร่วมอภิปรายแสดงความคิดเห็นเพิ่มเติมหรือเติมเต็ม หรือขยายกรอบ	ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่คล้ายกับสถานการณ์เดิม 2. นำข้อมูลจากการสำรวจตรวจสอบไปสร้างความรู้ใหม่ 3. นำความรู้ใหม่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมเพื่ออธิบาย หรือนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน
5. ประเมินผล (Evaluate) ครูจัดกิจกรรมหรือสถานการณ์ที่เปิดโอกาสให้นักเรียนวิเคราะห์ วิจัยหรืออภิปรายซักถามแลกเปลี่ยนองค์ความรู้ซึ่งกันและกันในเชิงเปรียบเทียบ ประเมิน	มีการตรวจสอบความถูกต้อง ความชัดเจน ความสมบูรณ์ของกระบวนการและองค์ความรู้ที่ได้โดย 1. วิเคราะห์ แลกเปลี่ยนเรียนรู้ซึ่งกันและกัน 2. วิจัยหรืออภิปรายเพื่อ	1. ถามคำถามเพื่อนำไป สู่การประเมิน 2. ส่งเสริมให้นักเรียนประเมินกระบวนการและผลงานด้วยตนเอง 3. ให้นักเรียนวิเคราะห์สิ่งที่ควรปรับปรุงแก้ไขในการสำรวจตรวจสอบ ทั้ง	1. วิเคราะห์กระบวนการสร้างองค์ความรู้ของตนเอง 2. ถามคำถามที่เกี่ยวข้องจากการสังเกต หลักฐานและคำอธิบายเพื่อความเข้าใจที่ถูกต้อง ชัดเจน สมบูรณ์ และอาจนำไปสู่การสำรวจ

ตารางที่ 2-6 (ต่อ)

ขั้นตอน	ลักษณะของกิจกรรมหรือสถานการณ์	บทบาทของครู	บทบาทของนักเรียน
ปรับปรุง เพิ่มเติม หรือ ทบทวนใหม่ ทั้ง กระบวนการและองค์ความรู้	เปรียบเทียบ ประเมิน ปรับปรุงหรือเพิ่มเติม ทั้งกระบวนการและองค์ความรู้ 3. เปรียบเทียบผลการสำรวจตรวจสอบกับ สมมติฐานที่กำหนดไว้	กระบวนการและองค์ความรู้ที่ได้	ตรวจสอบใหม่ 3. ประเมิน กระบวนการและองค์ความรู้ของตนเอง

ที่มา: เอกสารการอบรมการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน สาขาชีววิทยา สสวท.

2.5 การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน

แนวคิดในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในปัจจุบัน มีแนวคิดตามทฤษฎีการสร้างความรู้ (constructivism) ซึ่งเชื่อกันว่านักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับบางสิ่งบางอย่างมาแล้วไม่มากนักน้อย (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2546) ดังนั้น ก่อนที่ครูจะจัดการเรียนการสอน ให้เน้นว่าการเรียนรู้เกิดที่ตัวของนักเรียนเองและการเรียนรู้เรื่องใหม่จะมีพื้นฐานมาจากความรู้เดิม และกระบวนการเรียนรู้ (process of learning) ที่แท้จริงของนักเรียน ไม่ได้เกิดจากการบอกเล่าของครูหรือจดจำแนวคิดเท่านั้น แต่การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ตามทฤษฎีการสร้างความรู้ เป็นกระบวนการที่นักเรียนจะต้องสืบค้น เสาะหา สำรวจตรวจสอบและค้นคว้าด้วยวิธีการต่าง ๆ จนทำให้นักเรียนเกิดความเข้าใจและเกิดการรับรู้อย่างมีความหมาย จึงจะสามารถสร้างเป็นองค์ความรู้ของตัวนักเรียนเองและเก็บเป็นข้อมูลไว้ในสมองอย่างยาวนาน สามารถนำมาใช้ได้เมื่อมีสถานการณ์ใด ๆ มาเผชิญหน้า ดังนั้นสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท., 2546) จึงเสนอแนะว่า การที่นักเรียนจะสร้างองค์ความรู้ได้ ต้องผ่านกระบวนการเรียนรู้ที่หลากหลายโดยเฉพาะอย่างยิ่งกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (inquiry process) สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท., 2546) ได้นำเสนอการเรียนรู้อันเน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ (inquiry cycle) ซึ่งมีความสอดคล้องกับการจัดการ

เรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ (learning cycle) ที่นำเสนอโดยนักการศึกษากลุ่ม BSCS (Biological Science Curriculum Study) ประกอบด้วยขั้นตอนสำคัญ 5 ขั้นตอน มีดังนี้

ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ (engagement)

เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่น่าสนใจซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัยหรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้นหรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนมา แล้วเป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถาม กำหนดประเด็นที่จะศึกษา ในกรณีที่ยังไม่เป็นประเด็นที่น่าสนใจ ครูอาจให้การศึกษจากสื่อต่าง ๆ หรือเป็นผู้กระตุ้นด้วยการเสนอประเด็นขึ้นมาก่อน แต่ไม่ควรบังคับให้นักเรียนยอมรับประเด็นหรือคำถามที่ครูกำลังสนใจเป็นเรื่องที่จะใช้ศึกษา เมื่อมีคำถามที่น่าสนใจและนักเรียนส่วนใหญ่ยอมรับให้เป็นประเด็นที่ต้องการให้ศึกษา จึงร่วมกันกำหนดขอบเขตและแจกแจงรายละเอียดของเรื่องที่จะศึกษาให้มีความชัดเจนยิ่งขึ้น อาจรวมทั้งการรวบรวมความรู้ประสบการณ์เดิมหรือความรู้จากแหล่งต่าง ๆ ที่จะช่วยให้นำไปสู่ความเข้าใจเรื่องหรือประเด็นที่จะศึกษามากขึ้นและมีแนวทางที่ใช้ในการสำรวจตรวจสอบอย่างหลากหลาย

ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา (exploration)

เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้วก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบตั้งสมมติฐานกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ข้อเสนอแนะหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (explanation)

เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้วจึงนำข้อมูล ข้อเสนอแนะ ที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น บรรยายสรุป สร้างแบบจำลองทางคณิตศาสตร์หรือรูปวาด สร้างตาราง ฯลฯ การค้นพบในขั้นนี้อาจเป็นไปได้หลายทาง เช่น สนับสนุนสมมติฐานที่ตั้งไว้ได้แย้งกับสมมติฐานที่ตั้งไว้หรือไม่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ได้กำหนดไว้ แต่ผลที่ได้จะอยู่ในรูปใดก็สามารถสร้างความรู้และช่วยให้เกิดการเรียนรู้ได้

ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ (elaboration)

เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ถ้าใช้

อธิบายเรื่องต่าง ๆ ได้มากก็แสดงว่าข้อจำกัดน้อย ซึ่งก็จะช่วยให้เชื่อมโยงกับเรื่องต่าง ๆ และทำให้เกิดความรู้กว้างขวางขึ้น

ขั้นที่ 5 ขั้นประเมิน (evaluation)

เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้างอย่างไรและมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยใช้ขั้นตอนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5Es) ตามแนวคิดของ สสวท. ซึ่งประกอบด้วย 5 ขั้นตอน คือ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นการสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมินผล

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการเรียนโดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์ สรุปได้ว่า การนำรูปแบบการเรียนการสอนโดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ในหลักสูตรวิทยาศาสตร์นั้น มีหลักการที่สอดคล้องกับวิธีการทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นการทำงานของนักวิทยาศาสตร์นั่นเอง ซึ่งผู้เรียนที่ได้รับการเรียนด้วยรูปแบบนี้ จะเกิดการสร้างองค์ความรู้ภายใต้แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง เกิดการเรียนรู้ที่มีความหมาย การคิดวิเคราะห์ และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ สิ่งที่เกิดขึ้นนี้จะทำให้ผู้เรียนมีความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งแน่นอนว่าลักษณะนิสัยของนักวิทยาศาสตร์นั้น จะส่งผลให้ผู้เรียนเป็นบุคคลแห่งการเรียนรู้ตลอดชีวิตนั่นเอง

3. แนวคิด

3.1 ความหมายของแนวคิด

แนวคิด (Concept) มีบทบาทต่อการสร้างความรู้ของมนุษย์ ซึ่งอาจเริ่มต้นด้วยการสังเกตเหตุการณ์ วัตถุ สิ่งของ หรือข้อเท็จจริงต่าง ๆ โดยผ่านแนวคิดเดิมที่มีอยู่แล้ว แล้วนำมาสรุปแยกประเภทของสิ่งต่าง ๆ ให้เป็นหมวดหมู่ (มนัส บุญประกอบ, 2533) โดยมีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของคำว่าแนวคิดไว้ ดังนี้

สุรางค์ ไคว่ตระกูล (2541) ได้ให้ความหมายของแนวคิดไว้ว่า เป็นสิ่งที่เป็นนามธรรมใช้แทนสัตว์ วัตถุ สิ่งของที่ได้จัดไว้ในจำพวกเดียวกัน โดยถือลักษณะ (Attribute) ที่สำคัญหรือวิกฤติเป็นเกณฑ์ ตัวอย่างเช่น คำว่า “นก” เป็นคำที่ใช้แทนสัตว์จำพวกหนึ่งที่มีคุณลักษณะวิกฤติ (Critical Attributes) 3 อย่างคือ สัตว์นั้นจะต้องมีปีก มีขน และบินได้

ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์ (2543) ได้ให้ความหมายของแนวคิดไว้ว่า เป็นผลสรุปจากการรับรู้ของมนุษย์ต่อสิ่งเร้าที่มีคุณลักษณะต่าง ๆ ร่วมกันอยู่เป็นการรวบรวมสิ่งที่คล้ายคลึงกันเข้ามารวมกันเป็นรูปแบบอันเดียวกัน เช่น หนังสือรวมตั้งแต่พจนานุกรมจนถึงหนังสือการ์ตูน เป็นต้น

นวลจิตต์ เขวกีรติพงศ์ (2545) ได้ให้ความหมายของแนวคิดไว้ว่า หมายถึง ความเข้าใจทั้งหมดที่มีต่อสิ่งของหรือสถานการณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง

เนตรนพิชญ์ จำปาทองเทศ (2546) ได้ให้ความหมายของแนวคิดว่าเป็นความรู้ที่เรียนรู้โดยผ่านความเข้าใจเป็นพื้นฐาน อาจเป็นวลีหรือประโยคที่แสดงถึงลักษณะรวมอย่างเด่นชัดของสิ่งต่าง ๆ

West and Pines (1985) ได้ให้ความหมายของแนวคิดไว้ว่า เป็นการเชื่อมโยงของกลุ่มคำง่าย ๆ หรือการอธิบายเรื่องราวต่าง ๆ ที่เป็นข้อวินิจฉัย ซึ่งแทนองค์ความรู้ที่นักเรียนสร้างขึ้นเกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ

Osborn and Cosgrove (1983) ได้กล่าวไว้ว่า แนวคิด หมายถึงการแสดงออกที่ใช้เป็นสัญลักษณ์ทางภาษาที่ใช้กระบวนการเรียนรู้ การจัดลำดับขั้น และการแยกประเภทในการสื่อถึงลักษณะของสิ่งของหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ

White and Gunstone (1992) ได้ให้ความหมายของแนวคิดว่าเป็นกลุ่มของความรู้ที่บุคคลเป็นผู้รับรู้และให้คำนิยาม

Edgen and Kauchak (1997) ได้ให้ความหมายของแนวคิดว่าเป็นข้อสรุปในจิตใจซึ่งใช้ในการจัดแบ่งกลุ่มของวัตถุ เหตุการณ์ หรือความคิด

จากการศึกษาเอกสารเกี่ยวกับความหมายของแนวคิดสามารถสรุปได้ว่า แนวคิด หมายถึง ความคิดและความเข้าใจของผู้เรียนทั้งหมดที่มีต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ซึ่งเกิดจากการรับรู้ต่อการเรียนรู้ในเรื่องนั้น ๆ โดยสามารถจัดกลุ่มหรือแยกประเภทของความรู้โดยผ่านความเข้าใจเป็นพื้นฐาน และสรุปออกมาเป็นสัญลักษณ์ทางภาษาที่ใช้ในกระบวนการเรียนรู้ต่อไป

3.2 แนวคิดทางวิทยาศาสตร์

มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ไว้ดังนี้

ภพ เลหาโพบูลย์ (2540) ได้ให้ความหมายของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง ความคิด ความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งอันเกิดจากการสังเกต หรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นหลาย ๆ แบบ แล้วใช้คุณลักษณะของสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นนำมาประมวลเข้าด้วยกันให้เป็นข้อสรุป หรือคำจำกัดความของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง แนวคิดทางวิทยาศาสตร์มีทั้งระดับที่เป็นรูปธรรมและนามธรรม มีความเชื่อมโยงต่อเนื่องกับแนวคิดหนึ่ง ๆ อาจเกิดมาจากการนำเอาแนวคิดหลาย ๆ อย่างมาสัมพันธ์กันอย่างมีเหตุผล แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ส่วนใหญ่จะมีลักษณะเป็นสากล แนวคิดทางวิทยาศาสตร์จะช่วยให้นักเรียนมีความเข้าใจในบทเรียนและมีความรู้ในระดับสูงชัดเจนดีขึ้น

วราภรณ์ แยมจินดา (2547) ได้ให้ความหมายของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึง ความคิด ความเข้าใจในการสรุปลักษณะที่สำคัญของวัตถุหรือปรากฏการณ์ที่เกี่ยวข้องกับ วิทยาศาสตร์ที่เกิดจากการสังเกต หรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นแล้วนำมา เชื่อมโยงให้มีความสัมพันธ์กันเป็นข้อสรุปทางวิทยาศาสตร์

ปรีชา วงศ์ชูศิริ และคณะ (2525) อ้างถึงใน ภพ เลาหไพบูลย์ (2540) ได้ให้ความหมาย ของคำว่าแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ว่า หมายถึงความเข้าใจที่จะสรุปรวมลักษณะที่สำคัญ ๆ ของ วัตถุ หรือปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง และแต่ละคนอาจจะมีแนวคิดต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งแตกต่าง กันก็ได้ ขึ้นอยู่กับประสบการณ์และวุฒิภาวะของบุคคลนั้น ๆ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์แบ่งออกได้ เป็น 3 ประเภท คือ

1. แนวคิดเกี่ยวกับการแบ่งประเภท (classificational concepts) เป็นแนวคิดที่เป็น คำ อธิบายหรือชี้แจงคุณสมบัติ บอกคุณสมบัติรวม โดยนำไปใช้ในการบรรยายวัตถุหรือ ปรากฏการณ์นั้น ๆ ตัวอย่างเช่น

- ดอกไม้ประกอบด้วยส่วนต่าง ๆ ได้แก่ ฐานรองดอก กลีบเลี้ยง กลีบดอก เกสร ตัวผู้ เกสรตัวเมีย

- สัตว์แบ่งออกเป็น 2 ประเภท คือ สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง และสัตว์มีกระดูกสัน หลัง

2. แนวคิดทางทฤษฎี (theoretical concepts) เป็นแนวคิดที่นักวิทยาศาสตร์ พยายามอธิบายคุณลักษณะของบางสิ่งบางอย่าง หรือปรากฏการณ์ที่ไม่อาจสังเกตได้โดยตรง ทั้งหมด แต่มีหลักฐานเป็นเหตุผลสนับสนุนแล้วสร้างเป็นความเข้าใจของตนเอง ตัวอย่างเช่น

- น้ำดีในลำไส้เล็กช่วยย่อยไขมัน

- โปรตีนเป็นอาหารที่มีอยู่ในเนื้อสัตว์

3. แนวคิดเกี่ยวกับความสัมพันธ์ (correlational concept) เป็นแนวคิดที่กล่าวถึง ความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล นำไปใช้ในการทำนายหรือพยากรณ์เหตุการณ์ต่าง ๆ ได้ ตัวอย่างเช่น

- อาหารให้พลังงานทำให้ร่างกายอบอุ่น

- ของเหลวเมื่อได้รับความร้อนจะมีปริมาตรเพิ่มขึ้น

จากการศึกษาเกี่ยวกับความหมายของแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ สามารถสรุปได้ว่า แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ หมายถึงความรู้ความเข้าใจที่สรุปรวมลักษณะสำคัญของเหตุการณ์ หรือ

ปรากฏการณ์หนึ่ง ๆ ที่เกิดขึ้นจากการสังเกตหรือประสบการณ์เดิม แล้วนำมาประมวลเป็นข้อสรุป ซึ่งแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่สรุปได้นั้นมีทั้งแบบที่เป็นนามธรรมและรูปธรรม

3.3 แนวคิดที่คลาดเคลื่อน

คำว่า “แนวคิดคลาดเคลื่อน” มาจากศัพท์ภาษาอังกฤษว่า “Alternative concept” หรือ “misconception” โดยมีนักการศึกษาหลายท่านให้ความหมายไว้ดังนี้

บุญเสริม ฤทธาภิรมย์ (2523) ได้ให้ความหมายของแนวคิดที่คลาดเคลื่อนไว้ว่า “เป็นการสั่งสมหรือสรุปความคิดที่ผิดพลาด และเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้เรื่องใหม่ทำให้เกิดการเชื่อมโยงประสบการณ์ใหม่ช้าลง และไม่บังเกิดผล”

โสภภาพรณ แสงศัพท์ และคณะ (2525) ได้ให้ความหมายของแนวคิดที่คลาดเคลื่อนไว้ว่า “เป็นแนวคิดที่เกิดจากแนวความคิดที่ได้จากประสบการณ์คือ ความรู้ที่ไม่ถูกต้องไม่มีเหตุผลเพียงพอ และปราศจากพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์”

วรวิมล โกสุมศุภมาลา (2552) ได้ให้ความหมายของแนวคิดคลาดเคลื่อนไว้ว่า หมายถึงแนวคิดที่นักเรียนสร้างขึ้นมาด้วยตนเองโดยอาศัยแนวคิดเดิมที่มีอยู่ก่อนหรือความรู้ที่ได้จากโรงเรียน ซึ่งจะต้องอาศัยระยะเวลาในการสร้างแนวคิดได้โดยถ้าเกิดแล้วและเป็นแนวคิดที่ผิดพลาดก็ยากต่อการแก้ไข ทั้งยังเป็นอุปสรรคต่อการเรียนรู้และเชื่อมโยงแนวคิดใหม่

วรภากรณ์ แยมจินดา (2547) ได้ให้ความหมายของแนวคิดที่คลาดเคลื่อนไว้ว่า คือแนวคิดที่นักเรียนอธิบายถึงสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งแสดงถึงความรู้ความเข้าใจที่ไม่ถูกต้อง หรือไม่สอดคล้องกับแนวคิดที่เป็นที่ยอมรับกันโดยทั่วไปในกลุ่มของนักวิทยาศาสตร์

Clement (1993) อ้างถึงใน วรวิมล โกสุมศุภมาลา (2552) เป็นแนวคิดที่อาจจะแตกต่างจากแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมดหรือแตกต่างบางส่วน โดยแนวคิดจะเกิดขึ้นได้นั้นต้องอาศัยระยะเวลายาวนาน ถ้าเกิดขึ้นแล้วและเป็นแนวคิดที่ผิดพลาดก็ยังคงฝังใจและคงอยู่นานยากต่อการแก้ไขเปลี่ยนแปลง

Mintzes (1989) เป็นแนวคิดที่มีอยู่ในตัวนักเรียน จะมีผลให้การรับรู้เรื่องราวต่าง ๆ ใน การเรียนการสอนในระดับชั้นสูงขึ้นเกิดการคลาดเคลื่อนได้ง่าย อันมีผลทำให้นักเรียนตีความหมายสิ่งที่เรียนรู้ในชั้นเรียนแตกต่างจากแนวคิดของครูผู้สอน และเพิกเฉยต่อความแตกต่างที่เกิดขึ้นโดยคิดว่าเข้าใจและตีความหมายถูกต้องแล้ว จะทำให้เป็นอุปสรรคในการเรียนรู้และเชื่อมโยงแนวคิดที่ไม่ถูกต้อง

จากการศึกษาเกี่ยวกับความหมายของแนวคิดที่คลาดเคลื่อนสามารถสรุปได้ว่า แนวคิดที่คลาดเคลื่อนนั้น หมายถึงแนวคิดหรือความเข้าใจในเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่มีอยู่ในตัวนักเรียน ซึ่งเป็น

แนวคิดที่อธิบายถึงสิ่งใดสิ่งหนึ่งไม่ถูกต้องหรือคลาดเคลื่อน และไม่เป็นที่ยอมรับในกลุ่มของนักวิทยาศาสตร์

3.4 การจัดกลุ่มแนวคิด

นักการศึกษาต่างประเทศหลายท่านได้กำหนดแนวทางในการจัดกลุ่มแนวคิดของนักเรียนไว้แตกต่างกัน ซึ่งสามารถสรุปได้เป็น 3 กลุ่ม ดังนี้

3.4.1 การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 4 กลุ่ม วราภรณ์ แยมจินดา (2547) ได้จัดกลุ่มแนวคิดออกเป็น 4 กลุ่ม โดยใช้เกณฑ์ของ (Marek et al. ,1990; Brickhouse, 2000) ดังนี้

- แนวคิดถูกต้อง (Sound Understanding) หมายถึง คำตอบของนักเรียนแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในแนวคิดวิทยาศาสตร์

- แนวคิดถูกต้องบางส่วน (Partial Understanding) หมายถึง คำตอบของนักเรียนเป็นองค์ประกอบที่มีแนวคิดที่ถูกต้อง และบางองค์ประกอบที่มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

- แนวคิดคลาดเคลื่อน (Limited Understanding) หมายถึง คำตอบของนักเรียนที่มีบางองค์ประกอบมีแนวคิดถูกต้อง และบางองค์ประกอบมีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

- แนวคิดไม่ถูกต้อง (Misunderstanding) หมายถึง คำตอบของนักเรียนที่แสดงถึงความไม่เข้าใจในแนวคิดนั้น ๆ

3.4.2 การจัดแนวคิดแบบ 5 กลุ่ม ได้จำแนกตามเกณฑ์ของ (Haidar, 1991; Abraham, Williamson, & Westbrook,1994; Westbrook & Marek, 1991; Marek et al., 1990; Muthukrishna et al., 1993; Lumpe & Staver, 1995; Atwood & Atwood, 1996; Haidar, 1997 อ้างถึงใน อาทิตยา จิตรเอื้อเฟื้อ, 2551) ซึ่งมีแนวทางการจัดกลุ่ม ดังนี้

- แนวคิดถูกต้อง (Sound Understanding หรือ Complete Understanding หรือ Scientific Conception) หมายถึง คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด

- แนวคิดถูกต้องบางส่วน (Partial Understanding หรือ Complete Explanation) หมายถึง คำตอบที่อย่างน้อยหนึ่งองค์ประกอบที่เป็นไปตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ส่วนองค์ประกอบอื่น ๆ ไม่กล่าวถึง

- แนวคิดคลาดเคลื่อน (Partial Understanding with Specific Misconception) หมายถึงคำตอบที่บางองค์ประกอบมีแนวคิดถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และบางองค์ประกอบมีแนวคิดไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

- แนวคิดไม่ถูกต้อง (Specific Misconception หรือ Complete Misunderstanding) หมายถึง คำตอบที่อธิบายเกี่ยวกับเรื่องที่ถาม แต่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

- ไม่มีแนวคิด (No understanding หรือ No Conception หรือ No Response) หมายถึงอธิบายไม่เกี่ยวข้องกับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่ถาม หรือตอบว่าไม่ทราบ

3.4.3 การจัดแนวคิดแบบ 6 กลุ่ม Abraham et al. (1992) อ้างถึงใน อาทิตยา จิตรเอื้อเพื่อ (2551) มีแนวทางการจัดกลุ่ม ดังนี้

- แนวคิดถูกต้อง (Sound Understanding) หมายถึง คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด

- แนวคิดถูกต้องบางส่วน (Partial Understanding) หมายถึง คำตอบที่อย่างน้อยหนึ่งองค์ประกอบที่เป็นไปตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ส่วนองค์ประกอบอื่น ๆ ไม่กล่าวถึง

- แนวคิดคลาดเคลื่อน (Partial Understanding with Specific Misconception) หมายถึง คำตอบที่มีบางองค์ประกอบมีแนวคิดที่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และบางองค์ประกอบที่มีแนวคิดไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

- แนวคิดไม่ถูกต้อง (Specific Misconception) หมายถึง คำตอบที่อธิบายเกี่ยวกับเรื่องที่ถาม แต่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์

- ไม่มีแนวคิด (No Understanding) หมายถึง พูดทวนคำถาม หรืออธิบายไม่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ถาม

- ไม่มีคำตอบ (No Response) หมายถึง ตอบว่าไม่ทราบ

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้เกณฑ์การจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 5 กลุ่ม เนื่องจากแบบวัดแนวคิดที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นและนำมาใช้วัดแนวคิดเป็นแบบทดสอบคำถามปลายเปิด ซึ่งการตอบคำถาม นักเรียนจะตอบตามความเข้าใจของตนเองอย่างอิสระ และใช้ภาษาของตนเอง อธิบายเหตุผลประกอบในสิ่งที่ตนเองตอบ ซึ่งนักเรียนบางคนอาจไม่ตอบคำถามหรือ ตอบว่าไม่ทราบ หรืออธิบายไม่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ถาม และการจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 5 กลุ่ม แตกต่างจากการจัดกลุ่มแนวคิดแบบ 4 กลุ่มคือ เพิ่มกลุ่มที่ไม่มีแนวคิดเข้ามาซึ่งผู้วิจัยมีความคิดว่า การที่นักเรียนตอบคำถามว่าไม่ทราบ หรือไม่ตอบนั้นหมายความว่า นักเรียนไม่มีแนวคิดในเรื่องที่ถาม ซึ่งถ้าเป็นการ

ประเมินในรูปของแนวคิดที่ควรอยู่ในกลุ่มที่แยกออกจากกลุ่มที่มีแนวคิดที่ไม่ถูกต้องซึ่งผู้วิจัยได้
ประยุกต์จากการจัดกลุ่มแนวคิดของ Haidar (1997) ดังนี้

1. แนวคิดถูกต้อง (Sound understanding; SU) หมายถึง นักเรียนตอบคำตอบ
ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลในคำตอบถูกต้องเกี่ยวกับแนวคิดวิทยาศาสตร์เรื่องระบบประสาท
2. แนวคิดถูกต้องบางส่วน (Partial understanding; PU) หมายถึง นักเรียนตอบ
คำตอบถูกต้อง และอธิบายเหตุผลในคำตอบได้ถูกต้องแต่ยังไม่สมบูรณ์ตามแนวคิดวิทยาศาสตร์
ในเรื่องระบบประสาท หรือเลือกคำตอบถูกต้อง แต่ยังไม่สามารถอธิบายเหตุผลคำตอบได้
3. แนวคิดถูกต้องบางส่วนคลาดเคลื่อนบางส่วน (Partial understanding with
specific misunderstanding; PUSM) หมายถึง นักเรียนตอบคำตอบถูกต้อง แต่อธิบายเหตุผลใน
คำตอบไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่องระบบประสาท หรือเลือกคำตอบถูกต้อง แต่
อธิบายเหตุผลในคำตอบซึ่งมีบางส่วนสอดคล้อง และบางส่วนไม่สอดคล้องกับแนวคิด
วิทยาศาสตร์เรื่องระบบประสาท
4. แนวคิดคลาดเคลื่อน (Specific misunderstanding; SM) หมายถึง นักเรียนตอบ
คำตอบไม่ถูกต้อง และอธิบายเหตุผลในคำตอบไม่ถูกต้องและไม่สอดคล้องกับแนวคิดวิทยาศาสตร์
ในเรื่องระบบประสาท
5. ไม่มีแนวคิด (No understanding; NU) หมายถึง นักเรียนไม่ตอบ หรือตอบว่าไม่
ทราบ หรืออธิบายไม่เกี่ยวข้องกับเรื่องที่ถาม

3.5 การวัดแนวคิด

การสำรวจแนวคิดของนักเรียนก่อนและหลังการจัดการเรียนการสอนนั้น จะทำให้ครู
ทราบแนวคิดของนักเรียนว่ามีแนวคิดเดิมในเรื่องที่ครูจะสอนนั้นอย่างไร มีแนวคิดทางเลือกอย่างไร
เพื่อนำข้อมูลที่ได้ไปใช้ในการวางแผนแก้ไขและปรับเปลี่ยนแนวคิดของนักเรียนก่อนจัดการเรียน
การสอน และเมื่อครูทำการสอนแล้วนักเรียนเกิดกระบวนการเรียนรู้และมีแนวคิดในสิ่งที่สอนไป
ถูกต้องตามที่คาดหวังหรือไม่ อย่างไร โดยพิจารณาว่านักเรียนสามารถกระทำสิ่งต่อไปนี้ได้หรือไม่
(พันธ์ ทองชุมนุช, 2547)

- สามารถระบุหรือเรียกชื่อแนวคิดนั้นได้
- สามารถบอกลักษณะของแนวคิดนั้นได้
- สามารถจำแนก คัดเลือก ยกตัวอย่างและสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่างของแนวคิดนั้นได้
- สามารถอธิบาย รวมถึงสรุปความหมายของแนวคิดนั้นได้จากความรู้ ความเข้าใจ
ของตนด้วยภาษาของตนได้

วิธีการวัดแนวคิดมีหลายวิธี อาทิเช่น การสัมภาษณ์ การใช้แบบทดสอบแบบเลือกตอบ การใช้แบบทดสอบแบบคำถามปลายเปิด การใช้แผนผังแนวคิด เป็นต้น

การสัมภาษณ์ เป็นวิธีการเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นด้วยภาษาและความคิดของตนเอง เพื่อสำรวจความคิดความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับสิ่งของและปรากฏการณ์ โดยไม่ได้หวังว่าแนวคิดของนักเรียนนั้นจะเป็นที่ยอมรับในเชิงวิทยาศาสตร์หรือไม่ จุดประสงค์ในการสัมภาษณ์เพื่อต้องการรู้แนวคิดทางเลือกของนักเรียน (Alternative conception) (จันทร์จิราภรณ์ศิลปกรรม, 2551) วิธีการสัมภาษณ์เพื่อสำรวจแนวคิดที่นิยมใช้กันคือ การสัมภาษณ์เกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ โดยใช้วัตถุจริง และการสัมภาษณ์เกี่ยวกับเหตุการณ์โดยการนำเสนอสถานการณ์โดยใช้ของจริงหรือการสาธิต หรือการใช้แผนภาพ แล้วถามถึงการเปลี่ยนแปลงของสถานการณ์ต่าง ๆ ที่อาจเกิดขึ้น และให้นักเรียนบอกสาเหตุของการเปลี่ยนแปลงดังกล่าว (Osborne & Gilbert, 1980 อ้างถึงใน รัตนา เล็งสุข, 2540)

แบบทดสอบแบบเลือกตอบ เหมาะที่จะใช้สำรวจแนวคิดทางเลือกของนักเรียนโดยอาจพัฒนามาจากแบบสัมภาษณ์หรือคำถามปลายเปิด เพื่อให้ได้ตัวเลือกที่ใกล้เคียงกับคำตอบของนักเรียนมากที่สุด และสามารถนำไปใช้ได้กับนักเรียนจำนวนมาก สะดวกสำหรับครูในการสำรวจแนวคิด เช่น แบบทดสอบชนิดเลือกตอบ แบบ 2 ส่วน (two-tier diagnostic test) ซึ่งส่วนแรกเป็นคำถามเกี่ยวกับเนื้อหาความรู้ โดยมีตัวเลือก 2 หรือ 3 หรือ 4 ตัวเลือก ส่วนหลังเป็นเหตุผลให้นักเรียนเลือกเพื่อสนับสนุนคำตอบที่เลือก (สุทธิจักร ศรีถนอมรัก, 2548)

แบบทดสอบคำถามปลายเปิด (Essay items) หรือแบบทดสอบแบบอัตนัยถูกนำมาใช้ในการวัดผลการเรียนรู้ของนักเรียน โดยผู้ตอบมีอิสระในการตอบคำถาม ได้คำตอบที่เป็นภาษาเขียนของนักเรียน มีจุดประสงค์เพื่อต้องการทราบแนวคิดของนักเรียนว่ามีความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งนั้นอย่างไร โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนตอบตามความคิดความเข้าใจของตนเอง (บุญธรรม กิจปรีดาบริสุทธิ์, 2542)

แผนผังแนวคิดมีจุดประสงค์สำหรับใช้แทนความสัมพันธ์อันมีความหมายระหว่างแนวคิดต่าง ๆ โดยทำให้อยู่ในรูปของแนวคิดอย่างน้อย 2 แนวคิดที่แสดงออกมาด้วยภาษา และเชื่อมกันด้วยคำเชื่อม แผนผังแนวคิดจะทำให้เกิดความเข้าใจอันแจ่มแจ้งแก่นักเรียนและครูเกี่ยวกับความคิดสำคัญต่าง ๆ และยังให้บทสรุปเค้าโครงของสิ่งที่ได้เรียนไปแล้ว ดังนั้นแผนผังแนวคิดจึงเป็นเครื่องมือวัดความรู้ความเข้าใจของนักเรียนได้อีกแนวทางหนึ่ง โดยครูเป็นผู้กำหนดจำนวนแนวคิดของเรื่องใดเรื่องหนึ่ง แล้วให้นักเรียนเขียนแสดงออกมาในเวลาที่กำหนด และพิจารณาให้คะแนนโดยมีเกณฑ์การพิจารณาจากการแสดงความสัมพันธ์เชื่อมโยงได้ถูกต้อง การมี

ตัวอย่างประกอบ ความซับซ้อนลดหลั่นกันลงมา หรือจำนวนระดับของแผนภูมิแนวคิด (ยิ่งซับซ้อนมากและถูกต้องควรจะได้คะแนนมาก) ตลอดจนการใช้แนวคิดที่กำหนดให้ได้ครบทั้งหมด ทั้งนี้ควรควรตั้งเกณฑ์คะแนนไว้ก่อน (มนัส บุญประกอบ, 2533)

จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่ามีวิธีการหลายหลายวิธีที่ใช้ในการสำรวจแนวคิดของนักเรียน และในการศึกษาแนวคิดเรื่องระบบประสาท ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้แบบทดสอบคำถามปลายเปิด (Essay items) ในการประเมินแนวคิดของนักเรียน โดยเปิดโอกาสให้นักเรียนตอบตามความคิดความเข้าใจของตนเอง โดยให้นักเรียนตอบอย่างอิสระ และให้นักเรียนใช้ภาษาของตนเองอธิบายในสิ่งที่นักเรียนเลือกตอบในข้อนั้น จึงทำให้ทราบแนวคิดของนักเรียนว่ามีความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งนั้นอย่างไร ซึ่งทำให้เข้าใจความคิดของนักเรียนได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน

3.6 แนวคิดเรื่องระบบประสาท

การวิเคราะห์แนวคิดเริ่มจากการวิเคราะห์คู่มือการจัดการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (กรมวิชาการ, 2545) กำหนดมาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาระดับพื้นฐานของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในสาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิตไว้ดังนี้

มาตรฐาน ว. 1.1 เข้าในหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเอง และดูแลสิ่งมีชีวิตแนวคิดหลักระบบประสาท ตามหลักสูตรการศึกษาระดับพื้นฐาน 2551 (สสวท., 2549)

แนวคิดทางวิทยาศาสตร์และแนวคิดคลาดเคลื่อนเรื่องระบบประสาท

แนวคิดเรื่องระบบประสาทเป็นแนวคิดที่ถูกบรรจุอยู่ในหลักสูตรอย่างต่อเนื่อง ตั้งแต่ระดับประถมศึกษาถึงระดับมัธยมศึกษา ซึ่งในระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย ถูกจัดอยู่ในสาระเพิ่มเติมสำหรับนักเรียนที่เน้นวิทยาศาสตร์ โดยมีกรอบเนื้อหาประกอบด้วย 5 แนวคิดหลัก คือ

การรับรู้การเปลี่ยนแปลงต่อสภาพแวดล้อมของสิ่งมีชีวิต เข้าใจว่าสิ่งมีชีวิตต่าง ๆ ในธรรมชาติ มีกลไกการตอบสนองต่อสิ่งเร้า ที่สามารถแสดงให้เห็นถึงการทำงานของระบบประสาทได้ โดยเริ่มจากมีสิ่งเร้ามากระทบหน่วยรับความรู้สึก แล้วอาจจะไปที่หน่วยแปลความรู้สึกก่อนหรือไปที่หน่วยสั่งการได้เลยก็ได้ จากนั้นหน่วยสั่งการจะส่งคำสั่งไปยังหน่วยปฏิบัติงานเพื่อให้เกิดการตอบสนองต่อไป

ตารางที่ 2-7 แนวคิดเรื่องระบบประสาท

ผลการเรียนรู้	แนวคิดเรื่องระบบประสาท
<p>1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เกี่ยวกับการรับรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิดได้</p>	<p>1. การตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว และสัตว์บางชนิด พารามีเซียมเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ไม่มีเซลล์ประสาท แต่พบว่าสามารถเคลื่อนที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้า เช่น แสง ได้จากการพัดโบกของซีเลีย ซึ่งควบคุมการทำงานโดนเส้นใยที่เชื่อมระหว่างโคนซีเลีย ที่เรียกว่า เส้นใยประสานงาน</p> <p>ในสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง มีการพัฒนาเป็นระบบประสาทอย่างง่าย เช่น ไฮดรา มีร่างแหประสาท (nerve net) พลานาเลีย เริ่มมีปมประสาท (nerve ganglion) และเส้นประสาทที่เชื่อมกันเป็นวงแหวนประสาท (nerve ring) และในพวกไส้เดือน กุ้ง หอย และแมลง มีปมประสาทใหญ่ขึ้น ทำหน้าที่เป็นสมองอยู่ที่ส่วนหัว นอกจากนี้ยังมีปมประสาทตามปล้องของลำตัวและมีเส้นประสาทเชื่อมปมประสาทระหว่างปล้อง เป็นต้น</p> <p>ในสัตว์มีกระดูกสันหลัง และมนุษย์มีการพัฒนาระบบประสาทเริ่มตั้งแต่ที่ยังเป็นเอ็มบริโอ มีลักษณะเป็นท่อประสาทที่เรียกว่า นิวรัลทิวบ์ (neural tube) ที่โป่งออกมาเป็นสมองส่วนหน้า ส่วนกลาง และส่วนหลัง ซึ่งอยู่ก่อนไขสันหลัง โดยทำหน้าที่เป็นศูนย์กลางของระบบประสาท ซึ่งจะมีเส้นประสาทแยกออกมาจากสมอง และไขสันหลัง</p>
<p>2. สืบค้นข้อมูล อธิบาย โครงสร้างของเซลล์ประสาทได้</p>	<p>2. เซลล์ประสาท</p> <p>ในร่างกายมีเซลล์ประสาทจำนวนมาก ทำหน้าที่เกี่ยวกับการรับรู้ และตอบสนอง ซึ่งแต่ละเซลล์มีการเชื่อมโยงการทำงานกับเซลล์ประสาทอื่น ๆ เป็นจำนวนมาก โดยประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ หนึ่งตัวเซลล์ (cell body) ซึ่งเป็นส่วนของไซโทพลาสซึม และนิวเคลียส รวมถึงมีออร์แกเนลล์ที่สำคัญเป็นจำนวนมาก และสองคือใยประสาท (nerve fiber) ซึ่งเป็นส่วนของเซลล์ที่ยื่นออกมาจากตัวเซลล์ แบ่งได้เป็น เดนไดรต์ (dendrite) ที่เป็นใยประสาทนำกระแสประสาทเข้าเซลล์ และแอกซอน (axon) ที่นำกระแสประสาทออกจากตัวเซลล์</p>

ตารางที่ 2-7 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	แนวคิดเรื่องระบบประสาท
	<p>เซลล์ประสาทจำแนกได้เป็น 3 ชนิด ตามการทำหน้าที่ ได้แก่ เซลล์ประสาทรับความรู้สึก (sensory neuron) ทำหน้าที่รับกระแสประสาทจากหน่วยรับความรู้สึก แล้วถ่ายทอดไปยังเซลล์ประสาทสั่งการ โดยอาจผ่านหรือไม่ผ่านเซลล์ประสาทประสานงานก็ได้ ซึ่งตัวเซลล์ประสาทรับความรู้สึกอยู่ที่ปมประสาทรากบนของไขสันหลัง เซลล์ประสาทสั่งการ (motor neuron) ทำหน้าที่นำกระแสประสาทไปยังหน่วยปฏิบัติงาน และเซลล์ประสาทประสานงาน (association neuron) อยู่ในสมองและไขสันหลัง เชื่อมอยู่ระหว่างเซลล์ประสาทรับความรู้สึก และเซลล์ประสาทสั่งการ</p> <p>เซลล์ประสาทยังจำแนกได้เป็น 3 ชนิดตามรูปร่าง ได้แก่ เซลล์ประสาทชั้นเดียว (unipolar neuron) เป็นเซลล์ประสาทที่มีใยประสาทแยกออกมาจากตัวเซลล์เพียง 1 เส้นใย เซลล์ประสาท 2 ขั้ว (bipolar neuron) เป็นเซลล์ประสาทที่มีเส้นใยประสาทแยกออกมาจากตัวเซลล์ 2 เส้นใย และเซลล์ประสาทหลายขั้ว (multipolar neuron) ซึ่งเป็นเซลล์ประสาทส่วนใหญ่ที่มีเดนไดรต์แยกออกมาจากตัวเซลล์มากมาย และมีแอกซอน 1 เส้นใย</p>
<p>3. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและอธิบาย เกี่ยวกับการทำงานของ เซลล์ประสาท ได้</p>	<p>3. การทำงานของเซลล์ประสาท</p> <p>เมื่อมีสิ่งเร้ามากระตุ้นหน่วยรับความรู้สึกจะถูกเปลี่ยนให้เป็นกระแสประสาท ซึ่งสามารถวัดได้จากค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างภายในและภายนอกเซลล์ โดยบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์มีโปรตีนที่ทำหน้าที่ควบคุมการเข้าออกของไอออนบางชนิด เช่น ช่องโซเดียม ช่องโพแทสเซียมเมื่อเกิดการกระตุ้นจะทำให้เกิด action potential หรือกระแสประสาท ซึ่งก็คือ เกิดการเปลี่ยนแปลงศักย์เยื่อหุ้มเซลล์ ช่องโซเดียมไอออนจะเปิด โซเดียมไอออนไหลเข้าเซลล์มากขึ้นทำให้ศักย์เยื่อหุ้มเซลล์มีความเป็นบวกมากขึ้น เรียกกระแสนี้ว่า depolarization และเมื่อเวลาผ่านไปช่องโพแทสเซียมไอออนจะเปิด โพแทสเซียมไอออนไหลออกนอกเซลล์ ทำให้ภายในเซลล์เริ่มเป็นลบมากขึ้น เรียกกระแสนี้ว่า repolarization คือศักย์เยื่อหุ้มเซลล์จะกลับเข้าสู่ระยะพักอีกครั้ง ซึ่งบริเวณที่เกิด action potential นี้จะเป็นบริเวณที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าบริเวณข้างเคียง</p>

ตารางที่ 2-7 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	แนวคิดเรื่องระบบประสาท
	<p>จึงเกิดการเคลื่อนที่ของไอออนไปยังบริเวณข้างเคียงที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า เกิดเป็นการสร้าง action potential ขึ้นในบริเวณถัดไป ทำให้เกิดการส่งกระแสประสาทต่อไปตามความยาวของใยประสาท</p>
<p>4. อภิปราย และ อธิบาย เกี่ยวกับ โครงสร้างของ ระบบประสาทได้</p>	<p>4. โครงสร้างของระบบประสาท</p> <p>central nervous system ได้แก่ สมองและไขสันหลัง สมองแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ สมองส่วนหน้า ส่วนกลาง และส่วนหลัง ทั้งสมองและไขสันหลังมีเยื่อหุ้ม 3 ชั้น คือ ชั้นนอกสุดมีลักษณะหนาเหนียวและแข็งแรง เพื่อป้องกันการกระทบกระเทือนแก่เนื้อสมองและไขสันหลัง ชั้นกลางเป็นเนื้อเยื่อบาง ๆ ส่วนชั้นในสุดแนบไปตามเนื้อสมองและไขสันหลัง มีหลอดเลือดมาเลี้ยงมาก เพื่อนำอาหารและออกซิเจนมาเลี้ยงเซลล์สมองและไขสันหลัง ซึ่งระหว่างเยื่อหุ้มชั้นกลางและชั้นในจะมีน้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลังบรรจุอยู่ (cerebrospinal fluid) มีหน้าที่นำอาหารและออกซิเจนมาเลี้ยงเซลล์ประสาท และนำของเสียออกจากเซลล์ peripheral nervous system ได้แก่ เส้นประสาทสมอง (cranial nerve) และเส้นประสาทไขสันหลัง (spinal nerve) เส้นประสาทสมอง (cranial Nerve) แยกออกมาจากสมองแต่ละส่วน มีทั้งหมด 12 คู่ เพื่อทำหน้าที่รับความรู้สึกและสั่งการ ซึ่งติดต่อกับอวัยวะต่าง ๆ เพื่อควบคุมการรับความรู้สึก และการทำงานของกล้ามเนื้อ เส้นประสาทไขสันหลัง (spinal nerve)</p> <p>ส่วนที่อยู่ใกล้กับไขสันหลังจะแยกเป็นรากบน (dorsal root) ซึ่งมีปมประสาทอยู่ด้วย และรากล่าง (ventral root) ไม่มีปมประสาทอยู่ต่อกับส่วน ventral horn ซึ่ง spinal nerve สามารถรับความรู้สึก และควบคุมและสั่งงานให้กล้ามเนื้อเกิดการทำงานได้</p>

ตารางที่ 2-7 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	แนวคิดเรื่องระบบประสาท
5.อธิบายการทำงานระบบประสาทได้	<p>5. การทำงานของระบบประสาทสั่งการของระบบประสาทรอบนอก (PNS)ระบบประสาทโซมาติก (SNS) เป็นระบบประสาทที่ทำงานภายใต้อำนาจจิตใจ ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อยึดกระดูก โดยมีเส้นประสาทรับความรู้สึกรับกระแสประสาทมาจากหน่วยรับความรู้สึก ผ่านเข้าสู่ไขสันหลังหรือสมอง และส่งการกลับมายังกล้ามเนื้อ ซึ่งบางครั้งอาจทำงานโดยผ่านไขสันหลังเท่านั้น เช่น การเกิดรีเฟล็กซ์</p> <p>ระบบประสาทอัตโนมัติ (ANS) เป็นระบบประสาทที่ทำงานนอกเหนืออำนาจจิตใจ แบ่งออกเป็นระบบประสาทซิมพาเทติก และระบบประสาทพาราซิมพาเทติก ซึ่งทั้งสองระบบนี้จะทำงานในภาวะตรงข้ามกัน เพื่อควบคุมการทำงานของอวัยวะภายในร่างกาย การทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติประกอบด้วยหน่วยรับความรู้สึกบริเวณอวัยวะภายในรับกระแสประสาทเข้าทางรากบนของเส้นประสาทไขสันหลัง จากนั้นออกจากไขสันหลังไปไซแนปส์กับเซลล์ประสาทสั่งการที่ปมประสาทอัตโนมัติ (autonomic ganglion) เรียกเซลล์ประสาทส่วนที่มายังปมประสาทนี้ว่า เซลล์ประสาทก่อนไซแนปส์ และเซลล์ประสาทสั่งการที่ออกจากปมประสาทว่า เซลล์ประสาทหลังไซแนปส์ ซึ่งนำกระแสประสาทไปยังกล้ามเนื้อเรียบของอวัยวะภายใน</p>

สำหรับขอบเขตเนื้อหาของแต่ละแนวคิดแสดงในตารางที่ 2-7 (สสวท.และกระทรวงศึกษาธิการ, 2554) นอกจากนี้ ผู้วิจัยได้แสดงแนวคิดที่คลาดเคลื่อนจากการศึกษา งานวิจัยที่ศึกษาแนวคิดเรื่องระบบประสาทของนักเรียน รวมทั้งจากประสบการณ์การสอนของผู้วิจัยเอง ซึ่งเป็นข้อมูลที่สำคัญมากที่ควรทราบ เพื่อนำไปพัฒนาการสอนไม่ให้นักเรียนของตนเกิดแนวคิดคลาดเคลื่อนดังกล่าว และสำหรับงานวิจัยในครั้งนี้ได้นำข้อมูลดังกล่าวมาช่วยในการออกแบบแผนการสอนและการสร้างแบบวัดแนวคิดเรื่องระบบประสาทอีกด้วย

4. ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

การเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการเรียนรู้ผ่านกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ซึ่งเป็นวิธีการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการสร้างสรรค์องค์ความรู้ใหม่ หรือแก้ปัญหาต่าง ๆ เป็นทักษะที่จะทำให้ผู้เรียนสามารถเรียนรู้ได้ด้วยตนเองในเรื่องราวต่าง ๆ ที่สนใจ รู้จักวิธีคิดอย่างต่อเนื่องและรอบคอบ ผู้เรียนต้องใช้กระบวนการคิดที่หลากหลายโดยเฉพาะการคิดวิเคราะห์ การคิดวิจารณ์ และการคิดสร้างสรรค์ นักเรียนจะได้ใช้ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเองทั้งแบบเดี่ยวและกลุ่ม ฝึกการวางแผนและออกแบบการทดลองโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ฝึกการเลือกใช้เครื่องมืออุปกรณ์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสม นอกจากนี้ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์นี้ยังส่งเสริมทักษะชีวิต ทักษะการทำงานร่วมกับผู้อื่น และทักษะการเข้าสังคมให้แก่ผู้เรียนในทางอ้อมด้วยหน้าที่ของผู้สอนในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาผู้เรียนให้มีความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ นั้น ผู้สอนจะต้องยึดหลัก Constructivism หรือเชื่อในแนวคิดที่ว่าผู้เรียนจะเรียนรู้ได้ด้วยการสร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งจะส่งผลให้ผู้สอนออกแบบกิจกรรมการเรียนการสอนที่แตกต่างไปจากการสอนแบบบรรยายหรือการถ่ายทอดความรู้ Bybee (1989) ได้เสนอกลวิธีในการจัดการเรียนการสอน (Teaching Strategy) แบบสืบเสาะหาความรู้โดยชื่อว่า 5E Inquiry-based learning ซึ่งนักเรียนจะได้เรียนรู้ผ่านรูปแบบการทำงานจริงของนักวิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาทักษะการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ซึ่งเป็นทักษะที่สำคัญที่ควรสนับสนุนให้เกิดขึ้นกับเยาวชนของประเทศไทยเป็นอย่างมากเพื่อจะดำรงอยู่ในสังคมโลกในศตวรรษที่ 21 ถึงแม้ว่าโดยแท้จริงแล้วการทำงานของนักวิทยาศาสตร์จะไม่ได้ดำเนินเป็นขั้นตอนนี้ หรือกิจกรรมการเรียนรู้ของผู้เรียนจะเกิดขึ้นจากขั้นตอนที่แตกต่างไปจากนี้ แต่การมีรูปแบบที่เป็นขั้นตอนนี้ก็ทำให้ผู้เรียนมีความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มากยิ่งขึ้น จากการวิเคราะห์ความสามารถทางวิทยาศาสตร์แบ่งได้ตาม Inquiry-based learning มีรายละเอียดดังต่อไปนี้

1. ความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ ผู้สอนควรพยายามกระตุ้นให้ผู้เรียนสนใจมีคำถาม แปลกประหลาดใจ ตื่นเต้น อยากรู้ อยากเห็น ในประเด็นที่จะเรียนรู้นั้น ๆ ด้วยวิธีการต่าง ๆ ตามความเหมาะสมของเนื้อหา วัย และระดับการเรียนรู้ของผู้เรียนซึ่งการฝึกให้นักเรียนเห็นปัญหาหรือสร้างประเด็นคำถามได้ด้วยตนเองจะเป็นการฝึกให้นักเรียนมองสิ่งต่าง ๆ ด้วยการสังเกตอย่างประณีตละเอียดมากขึ้น นักเรียนจะได้ฝึกความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้ ตัวอย่างเช่นสมมตินักเรียนได้ฟังการประกาศข่าวทางวิทยุ ตัวอย่างคำถามที่อาจมีขึ้นเช่น พวกเขาเหล่านั้นรู้ได้อย่างไร พวกเขาทำอย่างไรถึงได้ข้อมูลเช่นนั้นมา ข้อมูลที่น่าเสนอนั้นมี

ความน่าเชื่อถือ เมื่อผู้เรียนมีคำถามก็เป็นการง่ายที่โน้มน้าวให้ผู้เรียนดำเนินการในขั้นต่อไปคือ Explore หรือดำเนินการหาคำตอบ

2. ความสามารถในการออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน ผู้สอนจะต้องจัดเตรียมสถานที่อุปกรณ์ เวลา ให้พร้อมสำหรับส่งเสริมให้ผู้เรียนสามารถค้นคว้าหาคำตอบจากคำถามในขั้นที่ 1 ได้ ทั้งนี้ผู้สอนจะเป็นผู้คอยช่วยเหลือในกรณีที่นักเรียนมีปัญหาหรือแนะนำในสิ่งที่เป็นหรือแนะนำข้อมูลเบื้องต้นที่จะต้องประกอบการทำงานทดลอง เช่น สอนวิธีการใช้เครื่องมือ ซึ่ง จัดเตรียมข้อมูลมาตรฐานที่ต้องใช้ในการเปรียบเทียบไว้ให้เพื่ออำนวยความสะดวกหรือย่นระยะเวลา แต่ผู้สอนจะไม่บอกว่าจะต้องทำการทดลองอย่างไร ผู้เรียนจะได้ฝึกความสามารถในการออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน เพื่อให้ได้คำตอบของปัญหาที่ต้องการหาคำอธิบายนั้น ๆ ด้วยตนเอง

3. ความสามารถในการอธิบายผลการทดลอง หลังจากที่ได้ค้นคว้าหาคำตอบด้วยวิธีการต่าง ๆ แล้ว ผู้เรียนจะพยายามสร้างคำอธิบายขึ้นมาจากข้อมูล หรือผลการทดลองที่ได้เพื่อฝึกความสามารถในการอธิบายผลการทดลอง ซึ่งผู้สอนอาจจะกระตุ้นให้ผู้เรียนพยายาม อธิบายสิ่งต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นตามข้อมูลการทดลองที่ได้จริงให้ตนเองและผู้อื่นเข้าใจได้มากที่สุดด้วยวิธีต่าง ๆ พยายามกระตุ้นให้ผู้เรียนอธิบายว่า เพราะเหตุใดจึงเกิดเหตุการณ์ต่าง ๆ ที่บันทึกได้เช่นนั้น หรือสิ่งที่เกิดขึ้นนั้นมีสาเหตุมาจากอะไรและอย่างไร คำถามที่ผู้สอนอาจถามได้เช่น คุณจะใช้โปรแกรมตารางข้อมูล กราฟ หรือเขียนสรุปงาน เพื่อนำเสนอให้เพื่อน ๆ เข้าใจเพิ่มขึ้นได้หรือไม่

4. ความสามารถในการอธิบายผลการทดลอง หลังจากที่ได้สร้างองค์ความรู้ของตนเองได้แล้วจากขั้นที่ 2 และขั้นที่ 3 นั้นผู้เรียนควรจะฝึกขยายความรู้ให้กว้างขวางขึ้นเพื่อฝึกความสามารถในการอธิบายผลการทดลอง ผู้สอนจะช่วยส่งเสริมส่วนนี้ได้โดยถามคำถามที่ให้ผู้เรียนได้ประยุกต์ใช้องค์ความรู้ที่ผู้เรียนได้เรียนรู้ในบทเรียนนั้น ๆ ในการตอบ คำถามควรเชื่อมโยงไปถึงสถานการณ์อื่นที่ไม่ตรงกับที่ผู้เรียนได้ประสบมาในขั้น Explore อาจจะเชื่อมโยงไปในรายวิชาต่าง ๆ เช่น ศิลปะ ดนตรี สุขศึกษา พลศึกษา หรือเชื่อมโยงไปในสถานการณ์ที่ผู้เรียนเห็นได้ในชีวิตประจำวัน ทั้งนี้จะทำให้ผู้เรียนมีความรู้ความเข้าใจในองค์ความรู้ที่ตนเองเพิ่งได้สังเคราะห์ขึ้นมากขึ้น

5. ความสามารถในการนำเสนอผลจากการทดลอง หลังจากที่ได้สร้างองค์ความรู้และมีการนำไปประยุกต์ใช้แล้วนั้น ผู้สอนจะต้องเปิดโอกาสให้ผู้เรียนได้อธิบายองค์ความรู้และทักษะต่าง ๆ เป็นผลงานหรือชิ้นงานที่พัฒนาขึ้น เพื่อฝึกความสามารถในการนำเสนอผลจากการทดลอง ในขั้นตอนนี้จะทำให้ผู้เรียนได้มีโอกาสเรียนรู้ซึ่งกันและกัน ผู้เรียนจะได้ประเมินผลงาน

ความรู้ หรือทักษะของตนเองที่พัฒนาขึ้นเมื่อมีการเปรียบเทียบกับผู้อื่น ผู้สอนจะสามารถประเมิน การเรียนของผู้เรียนในด้านต่าง ๆ ได้ ผู้สอนอาจสร้าง Rubric ขึ้นมาเพื่อประเมินผู้เรียนในขั้นนี้ และผู้สอนจะต้องแน่ใจว่าได้ประเมินในสิ่งที่ต้องการวัดหรือเป็นประเด็นที่เป็นวัตถุประสงค์การ เรียนรู้ในเรื่องนั้น ๆ จริง (วัลลภ คงนะ, 2555)

จากที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นได้ว่าความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ที่ เรียนรู้จากการลงมือปฏิบัติด้วยตนเองทั้งแบบเดี่ยวและกลุ่ม ฝึกการวางแผนและออกแบบการ ทดลองโดยใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ฝึกการเลือกใช้เครื่องมืออุปกรณ์ทาง วิทยาศาสตร์ได้อย่างเหมาะสมนั้น จะส่งเสริมให้นักเรียนเป็นผู้ที่มีความสามารถในการสืบเสาะ ทางวิทยาศาสตร์ได้ ในงานวิจัยนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้แบบทดสอบคู่ขนานโดยเป็น คำถามปลายเปิด (Essay items) ในการประเมินความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน โดยเปิด โอกาสให้นักเรียนตอบตามความคิดความเข้าใจของตนเอง และให้นักเรียนใช้ภาษาของตนเอง อธิบายในสิ่งที่นักเรียนตอบในข้อนั้น จึงทำให้ทราบความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนว่ามีความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์อย่างไร ซึ่งจะทำให้ ประเมินความสามารถของนักเรียนได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน

5. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

5.1 งานวิจัยภายในประเทศ

จากการศึกษางานวิจัยทั้งในประเทศ พบว่า มีนักการศึกษาหลายท่านที่ได้ทำการศึกษา เกี่ยวกับแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในวิชาชีววิทยา มีการศึกษาดังนี้

สุธารพินช์ โนนศรีชัย (2550) ศึกษาการคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชา ชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) รูปแบบ วิจัยเป็นการวิจัยเชิงทดลอง โดยให้การทดลอง 1 กลุ่ม วัด 1 ครั้งหลังเรียนกลุ่มเป้าหมายคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนในสังกัดสำนักงานเขตพื้นที่การศึกษากาฬสินธุ์ เขต 1 ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีคะแนนคิดวิเคราะห์ คิดเป็นร้อยละ 75.71 และคิดเป็นร้อยละ 76.00 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด 2) นักเรียนมีคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คิดเป็นร้อยละ 79.95 และคิดเป็นร้อยละ 80.95 ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด 3) นักเรียนมีความคิดเห็นต่อ กระบวนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es) โดยภาพรวมเห็นด้วยอยู่ในระดับมาก ($X=4.02$)

ไตรรัตน์ รัตนเดช (2551) ศึกษาการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้เก็บรวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบวัดแนวคิดและอนุทินรายสัปดาห์ของนักเรียน ผลการศึกษาพบว่า การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ทำให้นักเรียนพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ โดยนักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องและถูกต้องบางส่วนเพิ่มขึ้น และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและไม่มีแนวคิดลดลง ผู้วิจัยได้ให้ข้อสังเกตถึงสาเหตุที่การจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ช่วยให้นักเรียนเกิดการพัฒนาแนวคิดได้ อาจเป็นเพราะนักเรียนได้ร่วมกันออกแบบการค้นคว้า ลงมือปฏิบัติฝึกคิดวิเคราะห์ และเชื่อมโยงความรู้กับชีวิตประจำวัน และมีการถามคำถามเพื่อให้นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็นก่อนการจัดการเรียนการสอนซึ่งทำให้ผู้เรียนสนใจเรียนรู้มากขึ้น

ยุพาพร เลาสัตย์ (2551) ได้ศึกษาเกี่ยวกับผลการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น มีต่อมโนทัศน์ เรื่องพืช ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัย พบว่า แผนการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เรื่องพืชที่สร้างขึ้น มีประสิทธิภาพ 82.90/82 ซึ่งสูงกว่าเกณฑ์ที่ตั้งไว้ และการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ช่วยพัฒนามโนทัศน์ เรื่องพืชของนักเรียน โดยมีจำนวนนักเรียนที่มีมโนทัศน์ถูกต้องและถูกต้องบางส่วนเพิ่มมากขึ้นและนักเรียนที่มีมโนทัศน์คลาดเคลื่อนและมโนทัศน์ไม่ถูกต้องมีจำนวนลดลง

อาทิตยา จิตรเอื้อเฟื้อ (2551) ศึกษาการส่งเสริมแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณในเรื่องการตอบสนองของพืชของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เก็บรวบรวมข้อมูลจากแบบสำรวจแนวคิด แบบบันทึกการสังเกต แบบสัมภาษณ์ อนุทินและผลงานของนักเรียน ผลการศึกษาพบว่า กิจกรรมสืบเสาะหาความรู้ช่วยให้นักเรียนพัฒนาความรู้ความเข้าใจและการให้เหตุผลที่เกี่ยวกับแนวคิดเรื่องการตอบสนองของพืชโดยนักเรียนมีการพัฒนาแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นและมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนลดลงรวมทั้งนักเรียนสามารถพัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณในด้านการอ้างอิง การให้เหตุผลโดยอนุมาน ฯลฯ และผู้เรียนได้แสดงออกถึงคุณลักษณะของผู้ที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณในด้านการวิเคราะห์หาเหตุผล มีความเป็นระบบ มีความเชื่อมั่นในตนเอง ฯลฯ

ขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์ (2553) การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับระบบต่อมไร้ท่อและความเข้าใจธรรมชาติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนนักเรียนจำนวนมากมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่องระบบต่อมไร้ท่อที่ถูกต้องมากขึ้นและความเข้าใจธรรมชาติทาง

วิทยาศาสตร์มากขึ้นแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องระบบต่อมไร้ท่อและทำให้นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากขึ้นได้

จิตติมา ดมหอม (2553) ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ต่อการพัฒนาแนวคิดและเจตคติเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนนักเรียนจำนวนมากมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์โดยนักเรียนมีการพัฒนาแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นและมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนลดลงและผู้เรียนได้แสดงออกถึงคุณลักษณะของผู้ที่มีการคิดอย่างมีวิจารณญาณในด้านการวิเคราะห์หาเหตุผล มีความเป็นระบบ มีความเชื่อมั่นในตนเอง แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องเซลล์และการแบ่งเซลล์ได้

ประภัสสร บุญทวีกุลสวัสดิ์ (2553) การพัฒนาแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเรื่องการรับรู้และการตอบสนองโดยใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์แบบ 5E ผลการวิจัยพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถพัฒนาให้นักเรียนมีแนวคิดดีขึ้นได้ทั้ง 2 โรงเรียนคือ นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์และแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบบางส่วนเพิ่มมากขึ้น แต่พบว่าแนวคิดเรื่องเซลล์ประสาทเป็นแนวคิดที่ยากต่อการเข้าใจ โดยพบว่าบริบทที่แตกต่างกันทั้งทางด้านความรู้พื้นฐานของนักเรียน ประสบการณ์ของครู และความพร้อมด้านสื่อการสอนมีผลให้ทั้งสองโรงเรียนมีการพัฒนาการที่แตกต่างกัน

พิศเนตร อุทัยไชย (2553) ได้พัฒนาแนวคิดเรื่อง พันธุศาสตร์โมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ในการสำรวจแนวคิดของนักเรียนที่ผ่านการเรียนด้วยวิธีอื่น ๆ มาแล้ว พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดคลาดเคลื่อนและเมื่อจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ให้กับนักเรียนพบว่านักเรียนมีแนวคิดสมบูรณ์และนักเรียนมีแนวคิดคลาดเคลื่อนน้อยลง แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องพันธุศาสตร์โมเลกุลได้

จุฑารัตน์ แต่งอ่อน (2554) การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือเพื่อพัฒนาแนวคิดเรื่องสมบัติของสาร ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ผลการวิจัยพบว่านักเรียนนักเรียนมีการพัฒนาแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่องสมบัติของสารที่ถูกต้องมากขึ้นและมีทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพิ่มมากขึ้นและนักเรียนมีเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ที่เพิ่มสูงขึ้นแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือสามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องสมบัติของสาร ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้

กนกวรรณ เปงใจ (2555) การพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ทางด้านวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หน่วยการเรียนรู้เรื่องธรณีพิบัติภัยโดยการจัดการกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนนักเรียนจำนวนมากมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่องธรณีพิบัติภัยที่ถูกต้องมากขึ้นโดยการจัดการกิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์โดยนักเรียนมีการพัฒนาแนวคิดที่สอดคล้องกับแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์เพิ่มขึ้นและมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนลดลงและนักเรียนได้แสดงออกถึงคุณลักษณะของผู้ที่มีการวิเคราะห์เหตุผล มีความเป็นระบบ มีความเชื่อมั่นในตนเอง แสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้กิจกรรมโครงงานวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาแนวคิดเรื่องธรณีพิบัติภัยได้

พอรินทร์ พุกพูนธนพัฒน์ (2555) การพัฒนาแนวคิดเรื่องยีนและโครโมโซมของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยการจัดการเรียนรู้ตามทฤษฎีการสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองร่วมกับเทคนิคอุปมาอุปไมย ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนนักเรียนจำนวนมากมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่องยีนและโครโมโซมไม่สมบูรณ์และแนวคิดคลาดเคลื่อนบางส่วน และผลการวิจัยชี้ว่าแนวทางที่ส่งเสริมให้นักเรียนมีแนวคิดวิทยาศาสตร์ คือ 1. ครูควรใช้คำถามครอบคลุมความรู้เดิมและความรู้พื้นฐาน 2. ครูควรใช้สื่อการสอนที่สามารถกระตุ้นความสนใจนักเรียน 3. ครูอาจให้นักเรียนวาดภาพเพื่อล้างความรู้เดิมของนักเรียน 4. ครูควรมีกิจกรรมการเรียนรู้ที่ให้หลักฐานแก่นักเรียนในการสร้างความรู้ใหม่ 5. ครูควรจัดสื่อการสอนให้นักเรียนแต่ละกลุ่มและควรมีเทคนิคกระตุ้นการอภิปรายกลุ่ม

จากการศึกษางานวิจัยภายในประเทศ จะเห็นได้ว่าการจัดการกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถนำมาพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เจตคติ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และมีการสอดแทรกให้นักเรียนใช้การสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ เข้าไปในบทเรียน รวมทั้งทำให้ผู้เรียนเกิดแนวคิดที่ถูกต้องและสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ และจากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องในเรื่องระบบประสาทนั้นยังพบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังคงมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อน ดังนั้นจึงควรใช้กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์เข้าไปเพื่อให้นักเรียนมีแนวคิดที่ถูกต้องมากขึ้น และด้วยเหตุนี้ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะศึกษาแนวคิดเรื่องระบบประสาทและความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เมื่อเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

5.2 งานวิจัยต่างประเทศ

จากการศึกษางานวิจัยในต่างประเทศ พบว่า มีนักการศึกษาหลายท่านที่ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในวิชาชีววิทยา มีการศึกษาดังนี้

Bassmajian (1978) ได้ศึกษาความสัมพันธ์ของระดับวุฒิภาวะตามทฤษฎีของเพียเจต์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ในรัฐแคลิฟอร์เนียกับความสามารถในการเรียนรู้วิชาชีววิทยา และพัฒนาการคิดแบบวิเคราะห์หิววิจารณ์กับกลุ่มนักศึกษา 83 คน ที่เรียนวิชา Biology 1 โดยใช้แบบทดสอบวัดการคิดเหตุผลเชิงตรรกศาสตร์ของเบอร์นี (Berne) พบว่า นักศึกษาระดับที่คิดด้วยนามธรรม มีผลสัมฤทธิ์วิชาชีววิทยาสูงกว่าพวกที่ยังไม่ถึงระดับการคิดนามธรรม

Vos and Verdonk (1987) ได้ทำการศึกษาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับอนุภาคเล็ก ๆ ที่เป็นองค์ประกอบของสาร เช่น อะตอม และโมเลกุล ผู้วิจัยได้สัมภาษณ์นักเรียนที่มีอายุ 14-15 ปี ในประเทศฮอลแลนด์ โดยให้นักเรียนแบ่งกลุ่มทำการทดลอง และหลังจากนั้นก็ให้นักเรียนช่วยกันตอบคำถามในแบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนในเรื่องของอนุภาคของสาร โดยมีนักเรียนหลายกลุ่มเข้าใจว่า การขยายตัวของวัตถุเมื่อได้รับความร้อนเกิดจากโมเลกุลของสารขยายตัวออก การที่สารบางอย่างไม่มีสีเป็นเพราะโมเลกุลของสารนั้นไม่มีสี และในสิ่งมีชีวิตจะประกอบด้วยโมเลกุลที่มีชีวิตเช่นกัน

Gabel et al. (1987) ก็ได้ศึกษาความเข้าใจของนักเรียนเกี่ยวกับอนุภาคที่เป็นองค์ประกอบของสารเช่นเดียวกัน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักศึกษาที่กำลังศึกษาวิชาทักษะพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์ ในมหาวิทยาลัยอินเดียนา จำนวน 90 คน ผู้วิจัยให้นักศึกษาตอบแบบทดสอบจำนวน 3 ชุด คือ แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผล แบบทดสอบวัดจินตนาการเกี่ยวกับมิติ และแบบทดสอบเกี่ยวกับพื้นฐานทางด้านเคมีและคณิตศาสตร์ ผลการวิจัยส่วนหนึ่งพบว่า นักเรียนมีแนวคิดที่คลาดเคลื่อนเกี่ยวกับสาร ดังนี้

1. การที่สารเปลี่ยนสถานะจากของเหลวเป็นแก๊สเกิดจากการขยายตัวของอะตอม
2. ก๊าซมีการเรียงตัวเป็นระเบียบ
3. เมื่อโมเลกุลสลายตัวแล้ว โมเลกุลยังคงอยู่รวมกันเป็นกลุ่มมากกว่าจากกันเป็นอนุภาคเล็ก ๆ

Wilder and Shuttleworth (2005) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ 5E เรื่องเซลล์ ในนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 รวบรวมข้อมูลโดยใช้แบบทดสอบ ผลการศึกษาพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E เรื่องเซลล์ ทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเซลล์มากยิ่งขึ้น และกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถกระตุ้นความสนใจของนักเรียนให้อยากรู้ และมีการขยายความรู้โดยการอภิปรายแลกเปลี่ยนผลการเรียนรู้ร่วมกันส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการสืบเสาะหาความรู้และสามารถสร้างความรู้ด้วยตัวเองได้

จากการศึกษางานวิจัยในต่างประเทศ จะเห็นได้ว่าการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถนำมาพัฒนาแนวคิดและใช้กระบวนการในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เข้าไปในบทเรียน รวมทั้งทำให้ผู้เรียนสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ และด้วยเหตุนี้ ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาแนวคิดเรื่องระบบประสาทและความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยเรียนด้วยกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

บทที่ 3

วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการศึกษาการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องระบบประสาทและความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. รูปแบบการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
5. วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล
6. การวิเคราะห์ข้อมูล
7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัย

ประชากร

ประชากรที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ได้แก่นักเรียนแผนการเรียนวิทยาศาสตร์-คณิตศาสตร์ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย นครปฐม (พระตำหนักสวนกุหลาบมัธยม) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 3 ห้องเรียน รวม 120 คน

ตารางที่ 3-1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนและส่วนเบี่ยงเบน

มาตรฐานของคะแนนสอบวิชาชีววิทยา (คะแนนเต็ม 20 คะแนน)

กลุ่ม	n	\bar{X}	SD
1	40	12.13	1.84
2	40	12.20	1.91
3	40	12.03	1.86

จากตารางที่ 3-1 แสดงให้เห็นว่าคะแนนสอบวิชาชีววิทยา กลุ่ม 1 มีค่า $\bar{X} = 12.13$, $SD = 1.84$ กลุ่ม 2 มีค่า $\bar{X} = 12.20$, $SD = 1.91$ และกลุ่ม 3 มีค่า $\bar{X} = 12.03$, $SD = 1.86$

ตารางที่ 3-2 ผลการวิเคราะห์ความแปรปรวนแบบทางเดียว

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ระหว่างกลุ่ม	.617	2	.308	.088*	.916
ภายในกลุ่ม	409.750	117	3.502		
รวม	410.367	119			

* $P > .01$

จากตารางที่ 3-2 แสดงผลการทดสอบการเท่ากันของความแปรปรวน โดยกำหนดสมมติฐานของการทดสอบเป็นระดับนัยสำคัญที่ .01 ผลการวิเคราะห์ ค่าสถิติ $F = .088$ และมีค่า $p = .916$ ซึ่งมากกว่าระดับนัยสำคัญที่ .01 แสดงว่าความแปรปรวนของประชากรทั้ง 3 กลุ่มเท่ากัน

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัยนครปฐม (พระตำหนักสวนกุหลาบมัธยม) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 2 ห้องเรียน กำหนดให้ห้องเรียนที่ 1 จำนวน 40 คน เป็นกลุ่มควบคุม และ ห้องเรียนที่ 2 จำนวน 40 คน เป็นกลุ่มทดลอง รวมนักเรียนทั้งหมด 80 คน ซึ่งได้มาจากการสุ่มแบบกลุ่ม (cluster random sampling)

2. รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลอง ในส่วนที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องระบบประสาทและความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัยแบบ The Pretest-Posttest Control Group Design (สมบุญศรี สุริยวงศ์, สมจิตรา และเพ็ญศรี เศรษฐวงศ์, 2554) ซึ่งมีแบบแผนการทดลอง ดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 แบบแผนการทดลองแบบ The Pretest-Posttest Control Group Design

กลุ่มตัวอย่าง	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
กลุ่มทดลอง E	O_1	X	O_2
กลุ่มควบคุม C	O_{C1}	~X	O_{C2}

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแบบแผนการทดลอง

E	แทน	กลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
C	แทน	กลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
O ₁	แทน	การทดสอบก่อนเรียน (Pretest) ของกลุ่มทดลอง
O _{C1}	แทน	การทดสอบก่อนเรียน (Pretest) ของกลุ่มควบคุม
O ₂	แทน	การทดสอบหลังเรียน (Posttest) ของกลุ่มทดลอง
O _{C2}	แทน	การทดสอบหลังเรียน (Posttest) ของกลุ่มควบคุม
X	แทน	การสอนโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
~X	แทน	การสอนโดยใช้วิธีการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เรื่องระบบประสาท
2. แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติเรื่องระบบประสาท
3. แบบทดสอบวัดแนวคิดเรื่องระบบประสาท
4. แบบทดสอบวัดความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

4. การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เรื่องระบบประสาท

มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1.1 ศึกษาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 สาระที่ 1 สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต มาตรฐาน ว 1.1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิตตัวชี้วัดตามมาตรฐานการเรียนรู้ในช่วงชั้นระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย (มัธยมศึกษาปีที่ 4-6)

1.2 วิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์จากหลักสูตรสถานศึกษากลุ่มสาระวิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ของโรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย นครปฐม (พระตำหนักสวนกุหลาบมัธยม) โดยกำหนดเนื้อหาในสาระที่ 1 เรื่อง ระบบประสาท ซึ่งได้เนื้อหา 5 เรื่อง ใช้เวลาทั้งสิ้น 15 คาบ คาบละ 50 นาที ดังรายละเอียดในตารางที่ 3-4

ตารางที่ 3-4 การวิเคราะห์ผลการเรียนรู้ สาระการเรียนรู้และผลการเรียนรู้
 สาระที่ 1 เรื่อง ระบบประสาท

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	เวลาเรียน (คาบ)	น้ำหนัก
1. สืบค้นข้อมูล อธิบาย เกี่ยวกับการรับรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิดได้	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 - การรับรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิด	1. อธิบายการเกี่ยวกับการรับรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตต่างๆได้ 2. วิเคราะห์ความแตกต่างของเซลล์ประสาทในสิ่งมีชีวิตต่างชนิดได้	3	20
2. สืบค้นข้อมูล อธิบายโครงสร้างของเซลล์ประสาทได้	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 - โครงสร้างของเซลล์ประสาท-หน้าที่ของเซลล์ประสาท	1. อธิบายโครงสร้างของเซลล์ประสาทได้ 2. อธิบายการหน้าที่ของเซลล์ประสาทได้ 3. วิเคราะห์กระบวนการเกิดกระแสประสาทได้ 4. จำแนกความแตกต่างของเซลล์	2	15
3. สืบค้นข้อมูล อภิปรายและ อธิบาย เกี่ยวกับการทำงานของเซลล์ประสาทได้	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 - การทำงานของเซลล์ประสาท - การเคลื่อนที่ของกระแสประสาทได้	1. อธิบายกระบวนการการถ่ายทอดกระแสประสาทจากเซลล์ประสาทหนึ่งไปยังเซลล์ประสาทหนึ่งได้ 2. อธิบายการเกิดเยื่อหุ้มไมอีลินที่มีผลต่อการนำกระแสประสาทได้ 3. จำแนกเซลล์ประสาทตามโครงสร้างและหน้าที่ พร้อมยกตัวอย่างได้	4	25
4. อภิปราย และ อธิบาย เกี่ยวกับการ	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4	1. อธิบายส่วนประกอบและหน้าที่ของระบบประสาทส่วนกลางและ	3	20

ตารางที่ 3-4 (ต่อ)

ผลการเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	เวลาเรียน (คาบ)	น้ำหนัก
โครงสร้างของระบบประสาทได้	- central nervous system - peripheral nervous system	ระบบประสาทรอบนอกได้ 2. อธิบายชนิดและหน้าที่ของสมองและส่วนประกอบต่างๆ ได้ 3. จำแนกโครงสร้างของระบบประสาทส่วนกลางและระบบประสาทรอบนอกได้ 4. เปรียบเทียบชนิดและจำนวนของเส้นประสาทสมองและไขสันหลังได้		
5. อธิบายการทำงานจากระบบประสาทได้	แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 การทำงานของระบบประสาทสั่งการของระบบประสาทรอบนอก (PNS) ดังนี้ -ระบบประสาทโซมาติก (SNS) -ระบบประสาทอัตโนมัติ (ANS)	1. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของระบบประสาทโซมาติกได้ 2. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของระบบประสาทอัตโนมัติได้ 3. จำแนกหน้าที่การทำงานของระบบประสาทโซมาติกและระบบประสาทอัตโนมัติได้ 4. เปรียบเทียบการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกกับพาราซิมพาเทติกได้	3	20
	รวม		15	100

1.3 ดำเนินการเขียนแผนการจัดการเรียนรู้สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยให้ครอบคลุมผลการเรียนรู้และเนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง จำนวน 5 แผน ซึ่งโครงสร้างของแผนการจัดการเรียนรู้แต่ละแผน ประกอบด้วย

- 1.3.1 สาระสำคัญ
- 1.3.2 ผลการเรียนรู้
- 1.3.3 สาระการเรียนรู้ (เนื้อหา)
- 1.3.4 กระบวนการจัดการจัดการเรียนรู้ซึ่งเป็นไปตามลำดับขั้นตอนดังนี้
 - 1) ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)
 - 2) ขั้นการสำรวจค้นหา (Exploration)
 - 3) ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation)
 - 4) ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)
 - 5) ขั้นประเมิน (Evaluation)
- 1.3.5 สื่อ / แหล่งการเรียนรู้
- 1.3.6 การวัดและประเมินผล

1.4 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่เขียนเสร็จแล้วเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาเพื่อพิจารณา ตรวจสอบส่วนประกอบต่าง ๆ ของแผนความสัมพันธ์ระหว่างสาระการเรียนรู้ สาระสำคัญ ผลการเรียนรู้และเวลาเรียน การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ และเครื่องมือการประเมินตามสภาพจริงและนำไปแก้ไขปรับปรุง

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่าน ประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญ ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ ด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และด้านการวัดประเมินผล เพื่อประเมินค่าความเหมาะสมองค์ประกอบของแผนการจัดการเรียนรู้ได้แก่สาระสำคัญ ผลการเรียนรู้ เนื้อหากิจกรรมการเรียนรู้ สื่อการเรียน และการวัดและประเมินผลของแผนการจัดการเรียนรู้โดยมีรายละเอียดและเกณฑ์ในการประเมินดังนี้

การประเมินความเหมาะสม ใช้เปรียบเทียบกับมาตราในแบบสอบถามโดยนำคำตอบของผู้เชี่ยวชาญแต่ละท่านให้ค่าน้ำหนักเป็นคะแนนดังนี้

- คะแนน 5 หมายถึงเหมาะสมมากที่สุด
- คะแนน 4 หมายถึงเหมาะสมมาก
- คะแนน 3 หมายถึงเหมาะสมปานกลาง
- คะแนน 2 หมายถึงเหมาะสมน้อย
- คะแนน 1 หมายถึงเหมาะสมน้อยที่สุด

การแปลความหมายค่าเฉลี่ยคะแนนนำมาเปรียบเทียบกับเกณฑ์ที่ใช้แนวคิดของพื้นที่ใต้โค้งปกติ (ไชยยศ เรืองสุวรรณ, 2533) ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.50 – 5.00 หมายถึงเหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.50 – 4.49 หมายถึงเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.50 – 3.49 หมายถึงเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.50 – 2.49 หมายถึงเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00 – 1.49 หมายถึงเหมาะสมน้อยที่สุด

การกำหนดเกณฑ์ค่าเฉลี่ยของความเหมาะสมคือถ้าค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.50 ขึ้นไปและมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543) จะถือว่าแผนการจัดการเรียนรู้มีคุณภาพเหมาะสม

1.6 ดำเนินการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในประเด็นที่ยังไม่ผ่านเกณฑ์ โดยเพิ่มเติมที่มาของการอ้างอิงรูปภาพ การเขียนลำดับย่อหน้า

1.7 นำแผนการจัดการเรียนรู้เรื่อง ระบบประสาทสำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญแล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้อง 3 โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเองเพื่อตรวจสอบความเป็นไปได้ความถูกต้องความเหมาะสมและบันทึกปัญหาข้อบกพร่องต่าง ๆ ที่พบแล้วนำมาแก้ไขและปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริง

1.8 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ผ่านการทดลองใช้แล้วมาปรับปรุงแก้ไขและจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์เพื่อนำไปทดลองใช้จริงกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัยนครปฐม (พระตำหนักสวนกุหลาบมัธยม) ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 ต่อไป

2. แบบทดสอบวัดแนวคิดเรื่องระบบประสาที่มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

2.1 ศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบวัดแนวคิด

2.2 ศึกษาเอกสารต่าง ๆ ได้แก่ หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คู่มือการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หนังสือและคู่มือครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์ความคิดพื้นฐานและแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบประสาท

2.3 วิเคราะห์และกำหนดแนวคิด เรื่อง ระบบประสาท ในแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบแบบวัดแนวคิด ดังตารางที่ 3-5

ตารางที่ 3-5 การกำหนดจำนวนแบบทดสอบที่ต้องการให้สอดคล้องระหว่างสาระการเรียนรู้กับผลการเรียนรู้

สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	แนวคิด	น้ำหนัก	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 -การเรียนรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิด	<ol style="list-style-type: none"> อธิบายการเกี่ยวกับการรับรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตต่างๆได้ วิเคราะห์ความแตกต่างของเซลล์ประสาทในสิ่งมีชีวิตต่างชนิดได้ สามารถตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้ สามารถออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานได้ อธิบายผลการทดลองได้ อภิปรายผลการทดลองได้ นำเสนอผลจากการทดลองได้ ใฝ่เรียนรู้ใฝ่รู้และมีความรับผิดชอบ 	<p>การรับรู้การเปลี่ยนแปลงต่อสภาพแวดล้อมของสิ่งมีชีวิต เข้าใจว่าสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในธรรมชาติ มีกลไกการตอบสนองต่อสิ่งเร้า ที่สามารถแสดงให้เห็นถึงการทำงานของระบบประสาทได้ โดยเริ่มจากมีสิ่งเร้ามากระทบหน่วยรับความรู้สึก แล้วอาจจะไปที่หน่วยแปลความรู้สึกก่อนหรือไปที่หน่วยสั่งการได้เลยก็ได้ จากนั้นหน่วยสั่งการจะส่งคำสั่งไปยังหน่วยปฏิบัติงานเพื่อให้เกิดการตอบสนองต่อไป</p> <p>พารามีเซียมเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ไม่มีเซลล์ประสาท แต่พบว่าสามารถเคลื่อนที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้า เช่น แสง ได้จากการพัดโบกของซิเลีย ซึ่งควบคุมการทำงานโดยเส้นใยที่เชื่อมระหว่างโคนซิเลีย ที่เรียกว่า เส้นใยประสานงาน</p> <p>ในสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง มีการพัฒนาเป็นระบบประสาทอย่างง่าย เช่น ไฮดรา มีร่างแหประสาท (nerve net) พลานาเลีย เริ่มมีปมประสาท (nerve ganglion) และเส้นประสาทที่เชื่อมกันเป็นวงแหวนประสาท (nerve ring) และในพวกไส้เดือน กุ้ง หอย และแมลง มีปมประสาทขึ้น ทำหน้าที่เป็นสมองอยู่ที่ส่วนหัว นอกจากนี้ยังมีปมประสาทตามปล้องของลำตัว และมีเส้นประสาทเชื่อมปมประสาทระหว่างปล้อง เป็นต้น</p>	15	1

ตารางที่ 3-5 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	แนวคิด	น้ำหนัก	จำนวนข้อสอบ (ข้อ)
<p>แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2</p> <p>- โครงสร้างของเซลล์ประสาท</p> <p>- หน้าที่ของเซลล์ประสาท</p>	<p>1. อธิบายโครงสร้างของเซลล์ประสาทได้</p> <p>2. อธิบายการหน้าที่ของเซลล์ประสาทได้</p> <p>3. วิเคราะห์กระบวนการเกิดกระแสประสาทได้</p> <p>4. จำแนกความแตกต่างของเซลล์</p> <p>5. สามารถตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้</p> <p>6. สามารถออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานได้</p> <p>7. อภิปรายผลการทดลองได้</p> <p>8. ใฝ่เรียนรู้และมีความรับผิดชอบ</p>	<p>ในร่างกายมีเซลล์ประสาทจำนวนมาก ทำหน้าที่เกี่ยวกับการรับรู้และตอบสนอง ซึ่งแต่ละเซลล์มีการเชื่อมโยงการทำงานกับเซลล์ประสาทอื่นๆ เป็นจำนวนมาก โดยประกอบด้วยส่วนสำคัญ 2 ส่วน คือ หนึ่งตัวเซลล์ (cell body) ซึ่งเป็นส่วนของไซโทพลาสซึม และนิวเคลียส รวมถึงมีออร์แกเนลล์ที่สำคัญเป็นจำนวนมาก และสองคือใยประสาท (nerve fiber) ซึ่งเป็นส่วนของเซลล์ที่ยื่นออกมาจากตัวเซลล์ แบ่งได้เป็น เดนไดรต์ dendrite) ที่เป็นใยประสาทนำกระแสประสาทเข้าเซลล์ และแอกซอน (axon) ที่นำกระแสประสาทออกจากตัวเซลล์ เซลล์ประสาทจำแนกได้เป็น 3 ชนิด ตามการทำหน้าที่ ได้แก่ เซลล์ประสาทรับความรู้สึก (sensory neuron) ทำหน้าที่รับกระแสประสาทจากหน่วยรับความรู้สึก แล้วถ่ายทอดไปยังเซลล์ประสาทสั่งการ โดยอาจผ่านหรือไม่ผ่านเซลล์ประสาทประสานงานก็ได้ ซึ่งตัวเซลล์ประสาทรับความรู้สึกอยู่ที่ปมประสาทรากบนของไขสันหลัง เซลล์ประสาทสั่งการ (motor neuron) ทำหน้าที่นำกระแสประสาทไปยังหน่วยปฏิบัติงาน และเซลล์ประสาทประสานงาน (association neuron) อยู่ในสมองและไขสันหลัง เชื่อมอยู่ระหว่างเซลล์ประสาทรับความรู้สึก และเซลล์ประสาทสั่งการ</p>	15	2

ตารางที่ 3-5 (ต่อ)

สาระการ เรียนรู้	ผลการเรียนรู้	แนวคิด	น้ำหนัก	จำนวน ข้อสอบ (ข้อ)
		เซลล์ประสาทยังจำแนกได้เป็น 3 ชนิดตามรูปร่าง ได้แก่ เซลล์ประสาทชั้นเดียว (unipolar neuron) เป็นเซลล์ประสาทที่มีใยประสาทแยกออกมาจากตัวเซลล์เพียง 1 เส้นใย เซลล์ประสาท 2 ขั้ว (bipolar neuron) เป็นเซลล์ประสาทที่มีเส้นใยประสาทแยกออกมาจากตัวเซลล์ 2 เส้นใย และเซลล์ประสาทหลายขั้ว (multipolar neuron) ซึ่งเป็นเซลล์ประสาทส่วนใหญ่ที่มีเดนไดรต์แยกออกมาจากตัวเซลล์มากมาย และมีแอกซอน 1 เส้นใย		
แผนการจัดการ เรียนรู้ที่ 3 -การทำงานของ เซลล์ประสาท -การเคลื่อนที่ ของกระแส ประสาทได้	1. อธิบายกระบวนการการถ่ายทอด กระแสประสาทจากเซลล์ประสาท หนึ่งไปยังเซลล์ประสาทหนึ่งได้ 2. อธิบายการเกิดเยื่อหุ้มไมอิลินที่มี ผลต่อการนำกระแสประสาทได้ 3. จำแนกเซลล์ประสาทตาม โครงสร้างและหน้าที่ พร้อม ยกตัวอย่างได้	เมื่อมีสิ่งเร้ามากระตุ้นหน่วยรับความรู้สึกจะถูกเปลี่ยนให้เป็นกระแสประสาท ซึ่งสามารถ วัดได้จากค่าความต่างศักย์ไฟฟ้าระหว่างภายในและภายนอกเซลล์ โดยบริเวณเยื่อหุ้มเซลล์มี โปรตีนที่ทำหน้าที่ควบคุมการเข้าออกของไอออนบางชนิด เช่น ช่องโซเดียม ช่องโพแทสเซียม เมื่อเกิดการกระตุ้นจะทำให้เกิด action potential หรือกระแสประสาท ซึ่งก็คือ เกิดการ เปลี่ยนแปลงศักย์เยื่อหุ้มเซลล์ ช่องโซเดียมไอออนจะเปิด โซเดียมไอออนไหลเข้าเซลล์มากขึ้น ทำให้ศักย์เยื่อหุ้มเซลล์มีความเป็นบวกมากขึ้น เรียกระยะนี้ว่า depolarization และเมื่อเวลาผ่าน ไปช่องโพแทสเซียมไอออนจะเปิด โพแทสเซียมไอออนไหลออกนอกเซลล์ ทำให้ภายในเซลล์ เริ่มเป็นลบมากขึ้น เรียกระยะนี้ว่า repolarization คือศักย์เยื่อหุ้มเซลล์จะกลับเข้าสู่ระยะพักอีก	25	4

ตารางที่ 3-5 (ต่อ)

สาระการ เรียนรู้	ผลการเรียนรู้	แนวคิด	น้ำหนัก	จำนวน ข้อสอบ (ข้อ)
	4. สามารถตั้งคำถามทาง วิทยาศาสตร์ได้	ครึ่ง ซึ่งบริเวณที่เกิด action potential นี้จะเป็นบริเวณที่มีศักย์ไฟฟ้าสูงกว่าบริเวณข้างเคียง จึงเกิดการเคลื่อนที่ของไอออนไปยังบริเวณข้างเคียงที่มีศักย์ไฟฟ้าต่ำกว่า เกิดเป็นการสร้าง		
	5.สามารถออกแบบการทดลองเพื่อ ตรวจสอบสมมติฐานได้	action potential ขึ้นใน บริเวณถัดไป ทำให้เกิดการส่งกระแสประสาทต่อไปตามความยาวของ ใยประสาท		
	6.อธิบายผลการทดลองได้			
	7.อภิปรายผลการทดลองได้			
	8.ใฝ่เรียนรู้และมีความรับผิดชอบ			
แผนการจัดการ เรียนรู้ที่ 4 - Central Nervous System - Peripheral	1.อธิบายส่วนประกอบและหน้าที่ ของระบบประสาทส่วนกลางและ ระบบประสาทรอบนอกได้	สมองและไขสันหลัง มีหลอดเลือดมาเลี้ยงมาก เพื่อนำอาหารและออกซิเจนมาเลี้ยงเซลล์สมอง และไขสันหลัง ซึ่งระหว่างเยื่อหุ้มชั้นกลางและชั้นในจะมีน้ำเลี้ยงสมองและไขสันหลังบรรจุอยู่ central nervous system ได้แก่ สมองและไขสันหลัง สมองแบ่งออกเป็น 3 ส่วน ได้แก่ สมอง	25	4
	2.อธิบายชนิดและหน้าที่ของสมอง และส่วนประกอบต่างๆ ได้	ส่วนหน้า ส่วนกลาง และส่วนหลัง ทั้งสมองและไขสันหลังมีเยื่อหุ้ม 3 ชั้น คือ ชั้นนอกสุดมี ลักษณะหนาเหนียวและแข็งแรง เพื่อป้องกันการกระทบกระเทือนแก่เนื้อสมองและไขสันหลัง		
	3.จำแนกโครงสร้างของระบบ	ชั้นกลางเป็นเนื้อเยื่อบางๆ ส่วนชั้นในสุดแนบไปตามเนื้อ		

ตารางที่ 3-5 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	แนวคิด	น้ำหนัก	จำนวน ข้อสอบ (ข้อ)
Nervous System	<p>ประสาทส่วนกลางและระบบประสาทรอบนอกได้</p> <p>4. เปรียบเทียบชนิดและจำนวนของเส้นประสาทสมองและไขสันหลังได้</p> <p>5. สามารถตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้</p> <p>6. สามารถออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานได้</p> <p>7. อธิบายผลการทดลองได้</p> <p>8. อภิปรายผลการทดลองได้</p>	<p>(cerebrospinal fluid) มีหน้าที่นำอาหารและออกซิเจนมาเลี้ยงเซลล์ประสาทและนำของเสียออกจากเซลล์ peripheral nervous system ได้แก่ เส้นประสาทสมอง (cranial nerve) และเส้นประสาทไขสันหลัง (spinal nerve) เส้นประสาทสมอง (cranial nerve) แยกออกมาจากสมองแต่ละส่วน มีทั้งหมด 12 คู่ เพื่อทำหน้าที่รับความรู้สึกและสั่งการ ซึ่งติดต่อกับอวัยวะต่างๆ เพื่อควบคุมการรับความรู้สึก และการทำงานของกล้ามเนื้อ</p> <p>เส้นประสาทไขสันหลัง (spinal nerve) ส่วนที่อยู่ใกล้กับไขสันหลังจะแยกเป็นรากบน (dorsal root) ซึ่งมีปมประสาทอยู่ด้วย และรากล่าง (ventral root) ไม่มีปมประสาทอยู่ต่อกับส่วน ventral horn ซึ่ง spinal nerve สามารถรับความรู้สึก และควบคุมและสั่งงานให้กล้ามเนื้อเกิดการ ทำงานได้</p>		

ตารางที่ 3-5 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	แนวคิด	น้ำหนัก	จำนวน ข้อสอบ (ข้อ)
	9. นำเสนอผลจากการทดลองได้			
	10. ใฝ่เรียนรู้ใฝ่รู้และมีความรับผิดชอบ			
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 การทำงานของระบบประสาทสั่งการของระบบประสาทรอบนอก (PNS) ดังนี้ -ระบบประสาทไขมาติก (SNS)	1. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของระบบประสาทไขมาติกได้ 2. อธิบายโครงสร้างและหน้าที่ของระบบประสาทอัตโนมัติได้ 3. จำแนกหน้าที่การทำงานของระบบประสาทไขมาติกและระบบประสาทอัตโนมัติ	ระบบประสาทไขมาติก (SNS) เป็นระบบประสาทที่ทำงานภายใต้อำนาจจิตใจ ควบคุมการทำงานของกล้ามเนื้อยึดกระดูก โดยมีเส้นประสาทรับความรู้สึกรับกระแสประสาทมาจากหน่วยรับความรู้สึก ผ่านไขสันหลัง หรือสมอง และสั่งการกลับมายังกล้ามเนื้อ ซึ่งบางครั้งอาจทำงานโดยผ่านไขสันหลังเท่านั้น เช่น การเกิดรีเฟล็กซ์ ระบบประสาทอัตโนมัติ (ANS) เป็นระบบประสาทที่ทำงานนอกเหนืออำนาจจิตใจ แบ่งออกเป็นระบบประสาทซิมพาเทติก และระบบประสาทพาราซิมพาเทติก ซึ่งทั้งสองระบบนี้จะทำงานในภาวะตรงข้ามกัน เพื่อควบคุมการทำงานของอวัยวะภายในร่างกาย การทำงานของระบบประสาทอัตโนมัติ ประกอบด้วยหน่วยรับความรู้สึกบริเวณอวัยวะภายในรับกระแสประสาทเข้าทางรากบนของเส้นประสาทไขสันหลัง จากนั้นออก	20	3

ตารางที่ 3-5 (ต่อ)

สาระการเรียนรู้	ผลการเรียนรู้	แนวคิด	น้ำหนัก	จำนวน ข้อสอบ (ข้อ)
-ระบบประสาท อัตโนมัติ (ANS)	<p>วัดได้</p> <p>4. เปรียบเทียบการทำงานของระบบประสาทซิมพาเทติกกับพาราซิมพาเทติกได้</p> <p>5. สามารถตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้</p> <p>6.อธิบายผลการทดลองได้</p> <p>7.อภิปรายผลการทดลองได้</p> <p>8.ใฝ่เรียนรู้ใฝ่รู้และมีความรับผิดชอบรับผิดชอบ</p>	<p>จากไขสันหลังไปไซแนปส์กับเซลล์ประสาทสั่งการที่ปมประสาทอัตโนมัติ (autonomic ganglion) เรียกเซลล์ประสาทส่วนที่มายังปมประสาทนี้ว่า เซลล์ประสาทก่อนไซแนปส์ และเซลล์ประสาทสั่งการที่ออกจากปมประสาทว่า เซลล์ประสาทหลังไซแนปส์ ซึ่งนำกระแสประสาทไปยังกล้ามเนื้อเรียบของอวัยวะภายใน</p>	100	14

2.4 สร้างแบบทดสอบวัดแนวคิดเรื่อง ระบบประสาทนี้ ผู้วิจัยเลือกใช้แบบทดสอบ คำถามปลายเปิด (Essay items) ในการประเมินแนวคิดของนักเรียน โดยเปิดโอกาสให้นักเรียน ตอบตามความคิดความเข้าใจของตนเอง โดยให้นักเรียนตอบอย่างอิสระ และให้นักเรียนใช้ภาษา ของตนเองอธิบายในสิ่งที่นักเรียนเลือกตอบในข้อนั้น จึงทำให้ทราบแนวคิดของนักเรียนว่ามี ความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งนั้นอย่างไร ซึ่งทำให้เข้าใจความคิดของนักเรียนได้อย่างถูกต้อง และครบถ้วน

2.5 กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนการจัดแนวคิดแบบ 5 กลุ่ม ได้จำแนกตามเกณฑ์ ของ (Haidar, 1991; Abraham, Williamson, & Westbrook, 1994; Westbrook & Marek, 1991; Marek et al., 1990; Muthukrishna et al., 1993; Lumpe & Staver, 1995; Atwood & Atwood, 1996; Haidar, 1997 อ้างถึงใน อาทิตยา จิตรธื่อเพื่อ, 2551) ซึ่งมีแนวทางการจัดกลุ่ม ดังนี้

2.5.1 แนวคิดถูกต้อง (Sound Understanding หรือ Complete Understanding หรือ Scientific Conception) หมายถึง คำตอบที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจ แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ทั้งหมด ให้ 5 คะแนน

2.5.2 แนวคิดถูกต้องบางส่วน (Partial Understanding หรือ Complete Explanation) หมายถึง คำตอบที่อย่างน้อยหนึ่งองค์ประกอบที่เป็นไปตามแนวคิดทาง วิทยาศาสตร์ ส่วนองค์ประกอบอื่น ๆ ไม่กล่าวถึง ให้ 4 คะแนน

2.5.3 แนวคิดคลาดเคลื่อน (Partial Understanding with Specific Misconception) หมายถึง คำตอบที่บางองค์ประกอบมีแนวคิดถูกต้องตามแนวคิดทาง วิทยาศาสตร์และบางองค์ประกอบมีแนวคิดไม่ถูกต้องตามแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ให้ 3 คะแนน

2.5.4 แนวคิดไม่ถูกต้อง (Specific Misconception หรือ Complete Misunderstanding) หมายถึง คำตอบที่อธิบายเกี่ยวกับเรื่องที่ถาม แต่ไม่ถูกต้องตามแนวคิดทาง วิทยาศาสตร์ ให้ 2 คะแนน

2.5.5 ไม่มีแนวคิด (No understanding หรือ No Conception หรือ No Response) หมายถึง อธิบายไม่เกี่ยวข้อง กับแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ในเรื่องที่ถาม หรือตอบว่าไม่ ทราบ ให้ 1 คะแนน

2.6 นำแบบทดสอบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ที่สร้างขึ้นเสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษา เพื่อตรวจสอบความสอดคล้องของสาระการเรียนรู้ กับผลการเรียนรู้ กับพฤติกรรมที่ต้องการวัด

ของข้อคำถามในแต่ละข้อรวมทั้งความเหมาะสมของภาษาที่ใช้แล้วจึงนำข้อเสนอแนะไปปรับปรุงแก้ไข

2.7 นำแบบทดสอบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ ที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 3 ท่านประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญตรวจสอบด้านเนื้อหา ตรวจสอบในประเด็นต่อไปนี้เป็น การสื่อความหมายของข้อคำถาม ความเหมาะสมของข้อคำถามในการวินิจฉัยแนวคิดโดยประเมินความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบแต่ละข้อกับผลการเรียนรู้ โดยใช้แบบประเมินที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนนดังนี้

- +1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับผลการเรียนรู้ที่ต้องการวัด
- 0 เมื่อไม่แน่ใจว่าแบบทดสอบตรงกับผลการเรียนรู้ที่ต้องการวัด
- 1 เมื่อแน่ใจว่าแบบทดสอบไม่ตรงกับผลการเรียนรู้ที่ต้องการวัด

2.8 นำผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญมาวิเคราะห์หาค่าเฉลี่ยแล้วพิจารณาเลือกแบบทดสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50 ขึ้นไป (พงษรัตน์ ทวีรัตน์, 2543) ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความสอดคล้องแต่หากมีค่าต่ำกว่าผู้วิจัยจะดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญดังนี้คือ เปลี่ยนรูปภาพให้เหมาะสมกับข้อคำถามและใส่แหล่งอ้างอิงให้ถูกต้อง เรียงข้อความในข้อคำถามให้มีความเหมาะสมมากขึ้น เพื่อให้ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพ

2.9 จัดพิมพ์แบบทดสอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ แล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ผ่านการเรียนเรื่องระบบประสาทมาแล้วที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้อง 3 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัยนครปฐม จำนวน 5 คน จากนั้นปรับปรุงแก้ไขแล้วนำแบบทดสอบไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้อง 3 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัยนครปฐม จำนวน 30 คน

2.10 นำแบบทดสอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มาตรวจสอบให้คะแนนแล้วนำมาวิเคราะห์คะแนนรายข้อเพื่อหาค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) (ลิ้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2543) โดยใช้การแบ่งกลุ่มสูงกลุ่มต่ำด้วยเทคนิค 27% จากตารางวิเคราะห์ข้อสอบของ จุงเตห์ ฟาน (อรนุช ศรีสะอาด, 2546) แล้วคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยากง่าย (P) ตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.20 ถึง 1.00 (ลิ้วน สายยศและอังคณา สายยศ, 2543) โดยพบว่าแบบทดสอบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องระบบประสาทมีค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกผ่านเกณฑ์ 22 ข้อ และคัดเลือกมาใช้จำนวน 14 ข้อ โดยมีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.57-0.77 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20-0.73 ซึ่งครอบคลุมทุกผลการเรียนรู้

2.11 นำแบบทดสอบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์มาตรวจสอบให้คะแนนแล้วนำมาวิเคราะห์หาค่าความสัมพันธ์ของผู้ประเมิน (Correlation) โดยมีผู้ประเมินจำนวน 2 ท่าน มีค่าเท่ากับ .97 แสดงว่าผลการตรวจแบบทดสอบของผู้ประเมินมีความสัมพันธ์กัน

2.12 นำแบบทดสอบที่คัดเลือกไว้มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับของแบบทดสอบโดยใช้สัมประสิทธิ์อัลฟา (α Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) โดยมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81

2.13 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ระบบประสาทจำนวน 14 ข้อ เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยต่อไป

3. แบบสังเกตวัดความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีการสร้างดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และการวัดความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

3.2 ศึกษาเทคนิคในการสร้างข้อสอบจากหนังสือต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างข้อสอบหนังสือการวัดผลและประเมินผล เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างแบบสังเกตวัดความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

3.3 สร้างแบบสังเกตวัดความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เป็นแบบเขียนตอบ จำนวน 20 ข้อ โดยสร้างข้อสอบแบบคู่ขนาน ก่อนเรียน 10 ข้อ และหลังเรียน 10 ข้อโดยมีการวิเคราะห์ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์และประเมินความสามารถของนักเรียน ดังนี้

- ความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้ 2 คะแนน
- ความสามารถในการออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐาน 2 คะแนน
- ความสามารถในการอธิบายผลการทดลอง 2 คะแนน
- ความสามารถในการอภิปรายผลการทดลอง 2 คะแนน
- ความสามารถในการนำเสนอผลจากการทดลอง 2 คะแนน

3.4 กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนในแต่ละข้อของแบบสังเกตโดยสร้างตารางวิเคราะห์ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 3-6

ตารางที่ 3-6 วิเคราะห์เนื้อหาความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์	จำนวนข้อสอบ/ข้อ (ก่อนเรียน)	จำนวนข้อสอบ/ข้อ (หลังเรียน)
1. ความสามารถในการตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้	2	2
2. ความสามารถในการออกแบบการทดลองเพื่อ ตรวจสอบสมมติฐาน	2	2
3. ความสามารถในการอธิบายผลการทดลอง	2	2
4. ความสามารถในการอภิปรายผลการทดลอง	2	2
5. ความสามารถในการนำเสนอผลจากการทดลอง	2	2
รวม	10	10

3.5 นำแบบสังเกตวัดความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เสนอให้
อาจารย์ที่ปรึกษาตรวจสอบความถูกต้องและให้ข้อเสนอแนะเพื่อนำไปปรับปรุงแก้ไข

3.6 นำแบบสังเกตวัดความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่ได้ทำการ
ปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 3 ท่านประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านการ
สอนวิทยาศาสตร์ ด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหา
ความรู้ และด้านการวัดประเมินผล เพื่อตรวจสอบลักษณะในเรื่องสถานการณ์การใช้คำถามภาษา
ที่ใช้เนื้อหา เพื่อประเมินค่าความสอดคล้อง

3.7 พิจารณาเลือกแบบสังเกตที่มีค่าดัชนีความสอดคล้องมากกว่าหรือเท่ากับ 0.50
ขึ้นไป (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543) ซึ่งถือว่าเป็นแบบทดสอบที่มีความสอดคล้องแต่หากมีค่าต่ำกว่า
ผู้วิจัยจะดำเนินการปรับปรุงตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญคือ สถานการณ์ที่ตั้งขึ้นมามีประโยชน์
ที่ทำให้ผู้อ่านสนใจให้ปรับคำเพื่อความเข้าใจที่ง่ายขึ้นเพื่อให้ได้ข้อสอบที่มีคุณภาพ

3.8 นำแบบสังเกตวัดความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงแก้ไข
แล้วไปทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้อง 3 โรงเรียน
กาญจนานิเชกวิทยาลัยนครปฐม จำนวน 5 คน จากนั้นปรับปรุงแก้ไขแล้วนำแบบทดสอบไป
ทดลองใช้กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้อง 3 โรงเรียน
กาญจนานิเชกวิทยาลัยนครปฐม จำนวน 30 คน

3.9 นำแบบสังเกตมาตรวจให้คะแนนแล้วนำมาวิเคราะห์คะแนนรายข้อเพื่อหาค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) (ลิวน สายยศและอังคณา สายยศ, 2543) โดยใช้การแบ่งกลุ่มสูงกลุ่มต่ำด้วยเทคนิค 27% จากตารางวิเคราะห์ข้อสอบของ จุงเตห์ ฟาน (อรนุช ศรีสะอาด, 2546) แล้วคัดเลือกแบบทดสอบที่มีค่าความยากง่าย (P) ตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.80 และค่าอำนาจจำแนก (D) ตั้งแต่ 0.20 ถึง 1.00 (ลิวน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543) โดยพบว่าแบบทดสอบวัดความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มีค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกผ่านเกณฑ์ 18 ข้อ และคัดเลือกมาใช้จำนวน จำนวน 10 ข้อ โดยมีค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.73-0.80 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.27-0.40 ซึ่งครอบคลุมทุกผลการเรียนรู้

3.10 นำแบบสังเกตวัดความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์มาตรวจสอบให้คะแนนแล้วนำมาวิเคราะห์คะแนนรายข้อเพื่อหาค่าความเชื่อมั่นของผู้ประเมิน (Correlation) โดยมีผู้ประเมินจำนวน 2 ท่าน มีค่าเท่ากับ .15 แสดงว่าผลการตรวจแบบสังเกตของผู้ประเมินมีความสัมพันธ์กัน

3.11 คัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ที่กำหนด แล้วนำมาวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นของแบบสังเกตวัดความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ทั้งฉบับ โดยการหาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบโดยใช้สัมประสิทธิ์อัลฟา (α Coefficient) ของครอนบาค (Cronbach) โดยมีค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.78

3.12 จัดพิมพ์แบบสังเกตวัดความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการวิจัยต่อไป

5. วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

1. แนะนำขั้นตอนการทำกิจกรรมและบทบาทของนักเรียนในการจัดการเรียนการสอน
2. ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) กับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม โดยใช้แบบทดสอบวัดแนวคิดเรื่องระบบประสาทและแบบทดสอบวัดความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (ก่อนเรียน) ในรายวิชาชีววิทยาที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพปรับปรุงและแก้ไขแล้ว
3. ดำเนินการทดลองกับกลุ่มควบคุมโดยสอนแบบปกติ และกลุ่มทดลองโดยสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ ในวิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบประสาทใช้เวลาสอน 15 คาบ (คาบละ 50 นาที) โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง

4. เมื่อสิ้นสุดการสอบตามกำหนดแล้วจึงทำการทดสอบหลังเรียน (Posttest) กับนักเรียนกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุมโดยใช้แบบทดสอบวัดแนวคิดเรื่องระบบประสาท (ฉบับเดิม) และแบบทดสอบวัดความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (หลังเรียน) ในรายวิชาชีววิทยา
5. นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบทดสอบวัดแนวคิดเรื่องระบบประสาทและแบบทดสอบวัดความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ในรายวิชาชีววิทยา มาวิเคราะห์โดยวิธีการทางสถิติด้วยโปรแกรมสำเร็จรูปเพื่อทดสอบสมมติฐานต่อไป

6. การวิเคราะห์ข้อมูล

1. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบแนวคิดเรื่องระบบประสาท ของกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และการจัดการเรียนรู้แบบปกติโดยใช้สถิติ ANCOVA (ทดสอบสมมติฐานข้อ 1)
2. วิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบวัดความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ของกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และการจัดการเรียนรู้แบบปกติ โดยใช้สถิติ ANCOVA (ทดสอบสมมติฐานข้อ 2)

7. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน

- 1.1 หาค่าเฉลี่ยของคะแนน (\bar{X}) โดยใช้สูตร (สมนึก ภัททิยธนี, 2549)

$$\bar{X} = \frac{\sum X}{n}$$

เมื่อ	\bar{X}	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนน
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมด
	n	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

- 1.2 หาค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐาน (SD) โดยใช้สูตร (สมนึก ภัททิยธนี, 2549)

$$SD = \sqrt{\frac{N \sum X^2 - (\sum X)^2}{n(n-1)}}$$

เมื่อ	SD	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	$\sum X^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนแต่ละด้านยกกำลังสอง
	$(\sum X)^2$	แทน	ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง
	n	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดแนวคิดเรื่องระบบประสาท และวัดความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) (สมนึก ภัททิยธนี, 2549)

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

เมื่อ	IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์
	$\sum R$	แทน	ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 หาค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (D) ของแบบทดสอบวัดแนวคิดเรื่องระบบประสาท และวัดความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้สูตร P_E ของวิทนีย์ และซาเบอร์ส (Whitney and Sabers) (ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2539) คำนวณได้จากสูตร ดังนี้

2.2.1 ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ

$$P_E = \frac{S_U + S_L - (2NX_{\min})}{2N(X_{\max} - X_{\min})}$$

เมื่อ	P_E	แทน	ดัชนีค่าความยาก
	S_U	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
	S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
	X_{max}	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
	X_{min}	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด
	N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

2.2.2 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ

$$D = \frac{S_U - S_L}{N(X_{max} - X_{min})}$$

เมื่อ	D	แทน	ค่าอำนาจจำแนก
	S_U	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง
	S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน
	X_{max}	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด
	X_{min}	แทน	คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด
	N	แทน	จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

2.3 หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดแนวคิดเรื่องระบบประสาท และวัด

ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ โดยการหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา

(α - Coefficient) โดยใช้สูตรของครอนบาค (Cronbach) (สมโภช อเนกสุข, 2553)

$$\alpha = \frac{n}{n-1} \left\{ 1 - \frac{\sum S_i^2}{S_t^2} \right\}$$

เมื่อ	α	แทน	สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น
	n	แทน	จำนวนข้อ
	S_i^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนแต่ละข้อ
	S_t^2	แทน	คะแนนความแปรปรวนทั้งฉบับ

2.4 หาความเชื่อมั่นของผู้ประเมินแบบทดสอบวัดแนวคิดเรื่องระบบประสาท และแบบสังเกตวัดความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ โดยการวิเคราะห์สถิติสหสัมพันธ์ของ Pearson (ยุทธ ไกยวรรณ, 2555) วิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรมสำเร็จรูป

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

ใช้สถิติ ANCOVA (Analysis of Covariance) โดยวิเคราะห์ความแปรปรวนร่วม เพื่อควบคุมตัวแปรแทรกซ้อน ในการทดสอบสมมติฐานแนวคิดทางวิทยาศาสตร์และความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ระบบประสาท ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ การวิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรมสำเร็จรูป

บทที่ 4

ผลการวิจัย

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อสื่อความหมายในการเสนอผลการวิจัยให้เข้าใจตรงกันดังนี้

n	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง
\bar{X}	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนน
SD	แทน	ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน
F	แทน	ค่าสถิติที่ใช้พิจารณาใน F-Distribution
p	แทน	ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อน
SS	แทน	ผลรวมของคะแนนเบี่ยงเบนยกกำลังสอง (Sum of Squares)
MS	แทน	ค่าเฉลี่ยของผลรวมของคะแนนเบี่ยงเบนยกกำลังสอง
df	แทน	ระดับชั้นแห่งความอิสระ
*	แทน	นัยสำคัญทางสถิติที่ .05

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลเป็น 2 ประเด็น คือ

1. ผลการเปรียบเทียบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องระบบประสาท ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2. ผลการเปรียบเทียบความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา เรื่องระบบประสาท ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการวิเคราะห์เพื่อเปรียบเทียบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องระบบประสาท ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติได้ผลดังตารางที่ 4-1 และตารางที่ 4-2

ตารางที่ 4-1 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนนและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทั้งก่อนเรียนและหลังเรียนแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องระบบประสาท ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยกลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และกลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

กลุ่ม	n	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
		\bar{X}	SD	\bar{X}	SD
ทดลอง	40	54.48	6.00	63.25	4.67
ควบคุม	40	52.25	4.25	54.33	5.49

จากตารางที่ 4-1 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ก่อนเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ มีค่า $\bar{X} = 54.48$, $SD = 6.00$ และหลังเรียน มีค่า $\bar{X} = 63.25$, $SD = 4.67$ กลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ก่อนเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ มีค่า $\bar{X} = 52.25$, $SD = 4.25$ และหลังเรียน มีค่า $\bar{X} = 54.33$, $SD = 5.49$

ตารางที่ 4-2 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องระบบประสาท ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ตัวแปรร่วม (คะแนนสอบก่อนเรียน)	580.427	1	580.427	30.911	.000
วิธีสอน	1149.515	1	1149.515	61.219*	.000
รวม	280097.000	80			

* $P < .05$

จากตารางที่ 4-2 แสดงให้เห็นว่าแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องระบบประสาท ของนักเรียนหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สูงกว่ากับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องระบบประสาท ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จึงสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทำให้นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องระบบประสาทสูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

2. การวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ได้ผลดังตารางที่ 4-3 และตารางที่ 4-4

ตารางที่ 4-3 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบค่าเฉลี่ยของคะแนน และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยกลุ่มทดลองได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และกลุ่มควบคุมได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

กลุ่ม	n	ก่อนเรียน		หลังเรียน	
		\bar{X}	SD	\bar{X}	SD
ทดลอง	40	7.38	0.95	9.28	0.60
ควบคุม	40	7.15	0.83	7.43	0.87

จากตารางที่ 4-3 แสดงให้เห็นว่ากลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ก่อนเรียนมีความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ มีค่า \bar{X} = 7.38, SD = 0.95 และหลังเรียน มีค่า \bar{X} = 9.28, SD = 0.60 กลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ก่อนเรียนมีความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ มีค่า \bar{X} = 7.15, SD = 0.83 และหลังเรียน มีค่า \bar{X} = 7.43, SD = 0.87

ตารางที่ 4-4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูลเพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการสืบเสาะทาง
วิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มทดลองที่ได้รับการ
จัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ และกลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้
แบบปกติ

แหล่งความแปรปรวน	SS	df	MS	F	p
ตัวแปรร่วม (คะแนนสอบก่อนเรียน)	.015	1	.015	.025	.875
วิธีสอน	66.355	1	66.355	110.269*	.000
รวม	5626.000	80			

*P < .05

จากตารางที่ 4-4 แสดงให้เห็นว่าความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ของ
นักเรียนหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สูงกว่ากับการจัดการเรียนรู้แบบ
ปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 โดยความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์
ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 หลังเรียนของนักเรียนกลุ่มทดลองที่ได้รับการจัดการเรียนรู้
แบบสืบเสาะหาความรู้ มีค่าเฉลี่ยสูงกว่ากลุ่มควบคุมที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ จึงสรุปได้
ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการสืบเสาะทาง
วิทยาศาสตร์สูงกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

บทที่ 5

สรุปและอภิปรายผล

การวิจัยเรื่องการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ระบบประสาทและความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา เรื่อง ระบบประสาท และความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ กลุ่มตัวอย่างในการศึกษาวิจัยในครั้งนี้เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย นครปฐม (พระตำหนักสวนกุหลาบมัธยม) อำเภอพุทธมณฑล จังหวัดนครปฐม ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557 จำนวน 2 ห้องเรียน รวมทั้งสิ้น 80 คน จัดเป็นกลุ่มทดลอง 1 ห้อง จำนวน 40 คน และกลุ่มควบคุม 1 ห้องเรียน จำนวน 40 คน

เครื่องมือที่ใช้ในงานวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เรื่องระบบประสาทสำหรับกลุ่มทดลอง แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติเรื่องระบบประสาทสำหรับกลุ่มควบคุม แบบทดสอบวัดแนวคิดเรื่องระบบประสาทซึ่งเป็นข้อสอบแบบอัตนัย จำนวน 14 ข้อ แบบทดสอบวัดความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นข้อสอบแบบอัตนัย (ก่อนเรียนและหลังเรียน) อย่างละ 5 ข้อ การดำเนินการทดลองเลือกแผนการวิจัยแบบ The Pretest-Posttest Control Group Design เปรียบเทียบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ วิชาชีววิทยา เรื่องระบบประสาท และความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ กับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ ใช้การวิเคราะห์ข้อมูลโดยโปรแกรมสำเร็จรูป

สรุปผลการวิจัย

ผลการวิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้

1. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องระบบประสาท ของนักเรียนหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สูงกว่ากับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สูงกว่ากับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อภิปรายผล

จากการพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ระบบประสาทและความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ สรุปผลการวิจัยและมีประเด็นอภิปราย ดังนี้

1. แนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องระบบประสาท ของนักเรียนหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ สูงกว่ากับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 1 ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากแนวที่คิดคลาดเคลื่อนของนักเรียนเกิดจากได้รับความรู้จากหลายแหล่งข้อมูลเช่น การเรียนในโรงเรียนกวดวิชาสถาบันต่าง ๆ , อินเทอร์เน็ต และแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ที่นักเรียนได้เรียน ได้รับมาจากการสอนแบบบรรยาย การอ่าน และการดูวิดีโอทัศน์ ซึ่งเป็นการเรียนแบบท่องจำจากบทเรียนมากกว่าการเรียนรู้แบบนักวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนมีแนวคิดบางส่วนไม่ตรงกัน ส่งผลให้นักเรียนเกิดความสับสนและเกิดแนวคิดที่คลาดเคลื่อน ดังเช่นการสอนเรื่องการรับรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิด พบว่าผลของแบบวัดแนวคิดเรื่องระบบประสาท ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ก่อนเรียน ในคำถามถามว่า ไฮดรา ดาวทะเล พลานาเลีย ไล้เดือน และแมลง มีระบบประสาทเหมือนกันหรือไม่นักเรียนตอบว่า “ต่างกัน เพราะทั้งหมดมีทั้งสัตว์สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและหลายเซลล์ ซึ่งย่อมมีพัฒนาการต่างกัน” จากคำตอบพบว่านักเรียนมีแนวคิดอยู่ในกลุ่มแนวคิดไม่ถูกต้อง และหลังเรียนด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้นักเรียนตอบว่า “แตกต่างกัน ไฮดราเริ่มมีระบบประสาท nerve net, ดาวทะเล มีความซับซ้อนขึ้นโดยมี nerve ring เชื่อมกับ radial ring, พลานาเรีย มีปมประสาท ganglia มี nerve cord 2 เส้นข้างลำตัว มี transverse nerve เชื่อม, ไล้เดือน มีปมประสาทด้านท้องเรียกว่า ventral nerve cord และแมลงมีปมประสาทในแต่ละข้อปล้อง” จากคำตอบพบว่านักเรียนมีแนวคิดอยู่ในกลุ่มแนวคิดถูกต้อง

ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นแนวทางหนึ่งที่มีความสอดคล้องอย่างชัดเจนในการพัฒนาแนวคิด เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการค้นหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หรือกิจกรรมหรือวิธีการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ปฏิบัติและเรียนรู้เพื่อพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสิ่งสำคัญของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่เน้นกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ก็คือ การให้โอกาสนักเรียนได้ใช้ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการสำรวจตรวจสอบและรวบรวมข้อมูลหรือหลักฐานต่างๆมาเพื่อใช้อธิบายปรากฏการณ์ธรรมชาติหรือแก้ปัญหาโดยผู้สอนกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดคำถามเกิดความคิดและลงมือแสวงหาความรู้ ซึ่งจากการวิจัยพบว่า ชั้นสร้าง

ความสนใจที่เกิดจากเรื่องที่น่าสนใจหรือจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือจากการอภิปรายกลุ่มในเรื่องที่เกิดขึ้นในเวลานั้น มากระตุ้นให้นักเรียนกำหนดประเด็นที่สนใจจะศึกษาทำให้นักเรียน มีความกระตือรือร้นในการอยากรู้ อยากเรียน อยากหาคำตอบ และเมื่อได้ประเด็นที่สนใจร่วมกันทั้งห้องเรียนแล้ว จึงมีการกำหนดขอบเขตรายละเอียดเรื่องที่จะศึกษาและรวบรวมประสบการณ์เดิมหรือความรู้ที่มี โดยการระดมความคิดของทุกคนในห้องช่วยกันหาแนวทางในการสำรวจเพื่อหาคำตอบของประเด็นที่สนใจ ส่งผลให้นักเรียนมีความเข้าใจในประเด็นที่สนใจ และมีการนำความรู้เดิมมาช่วยในการระดมความคิดเพื่อหาแนวทางในการศึกษา ในขั้นสำรวจและค้นหาเมื่อได้ประเด็นคำถามที่สนใจจะศึกษาแล้วจะมีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบตั้งสมมติฐานกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล ซึ่งในขั้นนี้ นักเรียนจะได้ฝึกการตั้งสมมติฐานและมีการออกแบบการทดลองโดยมีการระดมความคิดในกลุ่มช่วยกันหาวิธีการทดลองที่จะนำไปสู่การได้มาซึ่งคำตอบของประเด็นปัญหาพร้อมทั้งทำการทดลองโดยมีการลงมือปฏิบัติทำการทดลองเพื่อหาคำตอบด้วยตัวเอง ส่งผลให้นักเรียนได้พัฒนาแนวคิดของตนเองและนักเรียนได้ฝึกตั้งสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง พร้อมทั้งมีทักษะในการทำการทดลองด้วยตนเอง ขึ้นอธิบายและลงข้อสรุป เมื่อได้ข้อมูลจากการทดลองแล้วจึงนำข้อมูลข้อสังเกต ที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การบรรยายสรุปผลการทดลองหน้าชั้นเรียน หรือทำเป็นรายงานการสรุปผลการทดลอง ตารางสรุปผลการทดลอง ส่งผลให้นักเรียนได้พัฒนาแนวคิดและสามารถอธิบายและลงข้อสรุป เกี่ยวกับข้อมูลที่ได้ และมีการนำเสนอหน้าชั้นเรียนเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันภายในชั้นเรียน ขันขยายความรู้เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมเช่นเรื่องที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวันเพื่อนำความรู้ไปใช้ประโยชน์ได้จริง ส่งผลให้นักเรียนมีแนวคิดและสามารถในการนำความรู้มาประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม และขั้นประเมินคือการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ เช่นแบบทดสอบทำแบบเรียน แบบฝึกหัด หรือสรุปความรู้เป็นแผนผังมโนทัศน์ ส่งผลให้นักเรียนได้ทราบถึงพัฒนาการของตนเองและกระตือรือร้นในการพัฒนาตนเองให้มากยิ่งขึ้นต่อไป

จากที่กล่าวมาจะพบว่าการจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ช่วยพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องระบบประสาทได้ดีขึ้น โดยพบว่าผลการเปรียบเทียบแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ เรื่องระบบประสาท ของนักเรียนหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ สูงกว่ากับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 จึงสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่องระบบ

ประสาทของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้ดีกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ และนักเรียนมีแนวคิดเรื่องระบบประสาทในด้านต่าง ๆ หลังเรียนสูงขึ้นคิดเป็นร้อยละดังนี้ นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดถูกต้องเรื่อง การทำงานของเซลล์ประสาทร้อยละ 52.5 การทำงานของระบบประสาทสั่งการของระบบประสาทรอบนอก (PNS) ร้อยละ 50.0 การรับรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว และสัตว์บางชนิด ร้อยละ 47.5 โครงสร้างของระบบประสาท ร้อยละ 47.5 และเซลล์ประสาท ร้อยละ 45.0 ตามลำดับ ซึ่งสูงกว่าก่อนเรียนทุกแนวคิด

2. ความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนหลังเรียนที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ สูงกว่ากับการจัดการเรียนรู้แบบปกติ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อ 2 ทั้งนี้เนื่องจากจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นแนวทางหนึ่งที่มีความสอดคล้องอย่างชัดเจนในการพัฒนาทักษะความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นกระบวนการที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ในการค้นหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ หรือกิจกรรมหรือวิธีการเรียนรู้ที่นักเรียนได้ปฏิบัติและเรียนรู้เพื่อพัฒนาความรู้วิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พบว่าผลของแบบวัดความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ก่อนเรียนในคำถามที่ถามเพื่อให้นักเรียนสามารถตั้งคำถามได้พบว่านักเรียนไม่สามารถตั้งคำถามจากเนื้อเรื่องได้และไม่สามารถหาวิธีการทดลองเพื่อหาคำตอบของปัญหาได้อย่างถูกต้อง แต่หลังจากการจัดการเรียนรู้ด้วยกระบวนการสืบเสาะหาความรู้พบว่านักเรียนสามารถตั้งคำถาม ออกแบบการทดลอง สรุปผลและนำเสนอผลการทดลองได้อย่างเหมาะสม ตัวอย่างเช่น “การตั้งสมมติฐาน: ถ้าหินเป็นหินปูนจริงต้องมีส่วนประกอบของแคลเซียมคาร์บอเนตที่ทำปฏิกิริยากับกรด” “การออกแบบการทดลอง: นำหินสีชาวดังกล่าวมาทดสอบกับกรดถ้าเป็นหินปูนจะทำให้เกิดกรดคาร์บอนิกขึ้นและเมื่อกรดคาร์บอนิกสลายตัวจะได้น้ำกับแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ เมื่อนำแก๊สไปทดสอบกับน้ำปูนใสถ้าปูนใสขุ่นแสดงว่าเป็นแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์จริง จึงสามารถสรุปได้ว่าหินชนิดนี้คือหินปูนจริง”

ทั้งนี้เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้เป็นแนวทางหนึ่งที่มีความสอดคล้องอย่างชัดเจนในการพัฒนาความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งจากการวิจัยพบว่า ชั้นสร้างความสนใจจะมีการกระตุ้นให้นักเรียนกำหนดประเด็นที่สนใจจะศึกษาทำให้นักเรียน มีความกระตือรือร้นและระดมความคิดของทุกคนในห้องช่วยกันหาแนวทางในการสำรวจเพื่อหาคำตอบของประเด็นที่สนใจ ส่งผลให้นักเรียนสร้างคำถามจากสิ่งที่ต้องการศึกษาเพื่อหาคำตอบ ทำให้นักเรียนได้พัฒนาความสามารถในการตั้งคำถามนั่นเอง ในชั้นสำรวจและค้นหาเมื่อ

ได้ประเด็นคำถามที่สนใจจะศึกษาแล้วจะมีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ส่งผลให้นักเรียนได้ฝึกตั้งสมมติฐาน ออกแบบการทดลอง พร้อมทั้งมีทักษะในการทำการทดลอง ด้วยตนเอง ขึ้นอธิบายและลงข้อสรุป เมื่อได้ข้อมูลจากการทดลองแล้วจึงนำข้อมูล ข้อสังเกต ที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ ส่งผลให้นักเรียนสามารถอธิบาย และลงข้อสรุป เกี่ยวกับข้อมูลที่ได้และมีการนำเสนอหน้าชั้นเรียนเพื่อแลกเปลี่ยนเรียนรู้กันภายใน ชั้นเรียน ในชั้นขยายความรู้เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ ค้นคว้าเพิ่มเติมเช่นเรื่องที่เกี่ยวข้องในชีวิตประจำวันส่งผลให้นักเรียนสามารถในการนำความรู้มา ประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้อย่างเหมาะสม และขั้นประเมินคือการประเมินการเรียนรู้ด้วย กระบวนการต่าง ๆ เช่นแบบทดสอบทำยบทเรียน แบบฝึกหัด หรือสรุปความรู้เป็นแผนผังมโนทัศน์ ส่งผลให้นักเรียนได้นำความรู้ทั้งหมดมาสรุปออกมาตามความเข้าใจในกระบวนการสืบเสาะทาง วิทยาศาสตร์เพื่อพัฒนาตนเองให้มากยิ่งขึ้นต่อไป จากที่กล่าวมา จึงสรุปได้ว่าการจัดการเรียนรู้ แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถพัฒนาความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียน ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ได้ดีกว่าการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

โดยผลวิจัยดังกล่าวสอดคล้องกับงานวิจัยของ ไตรรัตน์ รัตนเดช (2551) ศึกษาการพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการ จัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ผลการศึกษาพบว่าการจัดการเรียนรู้ด้วยวิธีสืบ เสาะหาความรู้ ทำให้นักเรียนพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์โดยนักเรียนมีแนวคิดที่ ถูกต้องและถูกต้องบางส่วนเพิ่มขึ้น และมีแนวคิดคลาดเคลื่อนและไม่มีแนวคิดลดลง และงานวิจัย ของขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์ (2553) การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับระบบต่อมไร้ ท่อและความเข้าใจธรรมชาติทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการ จัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ ผลการศึกษาพบว่านักเรียนนักเรียนจำนวนมากมี แนวคิดวิทยาศาสตร์ในเรื่องระบบต่อมไร้ท่อที่ถูกต้องมากขึ้นและความเข้าใจธรรมชาติทาง วิทยาศาสตร์มากขึ้นแสดงให้เห็นว่าการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถพัฒนา แนวคิดเรื่องระบบต่อมไร้ท่อและทำให้นักเรียนมีความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์มากขึ้นได้ และงานวิจัยของประภัสสร บุญทวีกุลสวัสดิ์ (2553) การพัฒนาแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ของ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายเรื่องการรับรู้และการตอบสนองโดยใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ ทางวิทยาศาสตร์แบบ 5E ผลการศึกษาพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถ พัฒนาให้นักเรียนมีแนวคิดดีขึ้นได้ทั้ง 2 โรงเรียนคือ นักเรียนส่วนใหญ่มีแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์ และแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์แบบบางส่วนเพิ่มมากขึ้น และสอดคล้องกับงานวิจัยของ Wilder and

Shuttleworth (2005) ศึกษาผลการจัดการเรียนรู้ 5E เรื่องเซลล์ ในนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ผลการศึกษาพบว่า การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5E เรื่องเซลล์ ทำให้นักเรียนมีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับเซลล์มากยิ่งขึ้น และกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้สามารถกระตุ้นความสนใจของนักเรียนให้อยากรู้ และมีการขยายความรู้โดยการอภิปรายแลกเปลี่ยนผลการเรียนรู้ร่วมกันส่งเสริมให้ผู้เรียนมีทักษะการสืบเสาะหาความรู้และสามารถสร้างความรู้ด้วยตัวเองได้

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะสำหรับนำผลวิจัยไปใช้

1.1 ในการนำรูปแบบการสอนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ครูผู้สอนควรปรับให้สอดคล้องกับสถานการณ์ เช่นจำนวนนักเรียนต่อกลุ่ม การกำหนดบทบาทของนักเรียนได้ตามความเหมาะสม

1.2 ในการนำรูปแบบการสอนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ประเด็นคำถามหรือสถานการณ์ที่นักเรียนสนใจถ้ามีหลายหัวข้อควรมีการให้เหตุผลแต่ละหัวข้อให้มากขึ้นเพื่อนำมาเป็นข้อมูลในการตัดสินใจเลือกสถานการณ์หรือเหตุการณ์ที่ดีที่สุดในการทดลองต่อไป

1.3 ในการนำรูปแบบการสอนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ ต้องใช้เวลาในการจัดกิจกรรมค่อนข้างมาก ควรมีการปรับความยืดหยุ่นเวลาให้เหมาะสมในแต่ละครั้งของการทำกิจกรรม

1.4 ควรเตรียมอุปกรณ์การทดลอง ใบงาน ใบความรู้และจัดห้องเรียนให้พร้อมก่อน เพื่อไม่เป็นการเสียเวลาในการทำการเรียนการสอน

1.5 ควรแจ้งผลการทดสอบท้ายแผนการจัดการกิจกรรมรวมทั้งแจ้งผลคะแนนในการทำแบบทดสอบหลังเรียน การทำใบงาน เพื่อเป็นข้อมูลย้อนกลับให้นักเรียนทราบถึงผลการทำงานของตนเพื่อให้นักเรียนมีความสนใจเรียนมากขึ้น

2. ข้อเสนอแนะในการทำวิจัยครั้งต่อไป

2.1 เนื่องจากการนำรูปแบบการสอนโดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ ในการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ช่วยให้นักเรียนได้เรียนรู้ด้วยตนเอง ได้ทำการทดลองด้วยตนเอง จะส่งผลให้เกิดการเรียนรู้และเข้าใจเนื้อหาที่เรียนมากขึ้นและยังเกิดความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์อีกด้วย ดังนั้นควรนำกิจกรรมการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้

แบบสืบเสาะหาความรู้ไปใช้กับรายวิชาวิทยาศาสตร์สาขาต่าง ๆ เช่น เคมี ฟิสิกส์

2.2 ควรมีการศึกษาวิธีการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้แบบจำลอง สื่อวีดีโอ ภาพเคลื่อนไหวการเปรียบเทียบอุปมาอุปมัย ที่สามารถส่งเสริมการเรียนรู้แนวคิดที่เป็นนามธรรมของผู้เรียน เพราะเป็นสิ่งที่จำเป็นในการเรียนวิทยาศาสตร์ และเกิดประโยชน์ต่อชีวิตประจำวันของนักเรียน

รายการอ้างอิง

- กนกวรรณ แสงใจ. (2555). การพัฒนาแนวคิดและความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 หน่วยการเรียนรู้เรื่อง ธรณีพิบัติ. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- กรมวิชาการ. กระทรวงศึกษาธิการ. (2542). การสังเคราะห์งานวิจัยเกี่ยวกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์การศาสนา.
- กรมวิชาการ. กระทรวงศึกษาธิการ. (2544). หนังสือสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์องค์การรับส่งสินค้าและพัสดุภัณฑ์.
- กรมวิชาการ. กระทรวงศึกษาธิการ. (2544). หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544 (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์วัฒนาพานิชย์.
- กรมวิชาการ. กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.
- กุศลสิน มุสิกกุล. (2551). การเรียนการสอนโดยใช้ Scientific Inquiry. วารสาร สสวท, 35(149), 36-38.
- ขวัญฤทัย เทียงจันทราทิพย์. (2553). การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับระบบต่อมไร้ท่อและความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- โครงการPISA ประเทศไทยสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2553). ผลการประเมิน PISA 2009 การอ่าน คณิตศาสตร์ และวิทยาศาสตร์ บทสรุปเพื่อการบริหาร. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.
- จันทร์จิรา ภมรศิลป์ประธรรม. (2551). การพัฒนาแนวคิดทางวิทยาศาสตร์เรื่อง ปิโตรเลียมและพอลิเมอร์ของนักเรียนระดับประกาศนียบัตรวิชาชีพ ด้วยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

- จิตติมา ดมหมอม. (2553). ผลของการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ต่อการพัฒนาแนวคิด และเจตคติต่อการเรียน เรื่อง เซลล์และการแบ่งเซลล์ ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 4. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- จุฑารัตน์ แดงอ่อน. (2554). การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการเรียนรู้แบบร่วมมือ เพื่อพัฒนาแนวคิด เรื่องสมบัติของสาร ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติ ต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ชูศรี วงศ์รัตนะ (2541). เทคนิคการใช้สถิติเพื่อการวิจัย (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: ศูนย์หนังสือ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ไชยยศ เรืองสุวรรณ. (2533). เทคโนโลยีการออกแบบและพัฒนา. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร. เดอะ มาสเตอร์กรุ๊ปแมนเนจเม้นท์.
- ไทรรัตน์ รัตนเดช. (2551). การพัฒนาแนวคิดเกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ของนักเรียนระดับ มัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้. วิทยานิพนธ์ ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ทศนา แหมมณี. (2557). ศาสตร์การสอน : องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มี ประสิทธิภาพ (พิมพ์ครั้งที่ 18). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- นวลจิตต์ เขาวีกรติพงศ์. (2545). ชุดฝึกอบรมผู้บริหาร : ประมวลสาระการจัดการเรียนรู้ที่เน้น ผู้เรียนเป็นสำคัญ. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.
- นันทกา คันธิยงค์. (2547). ผลการใช้กิจกรรมการเรียนการสอนตามวัฏจักรการเรียนรู้ 5E's BSCS ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 1. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรธานี.
- เนตรนพิชญ์ จำปาทองเทศ. (2546). ความคิดรวบยอดสอนอย่างไร. วารสารวิชาการ, 6(5), 33-42.
- บุญธรรม กิจปริดาบริสุทธิ์. (2542). เทคนิคการสร้างเครื่องมือรวบรวมข้อมูลสำหรับการวิจัย. กรุงเทพฯ: ภาควิชาศึกษาศาสตร์, คณะสังคมศาสตร์และมนุษยศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหิดล.

- บุญเสริม ฤทธาภิรมย์. (2523). “การเรียนรู้แบบสร้างความคิดรวบยอด.” *วารสารประชาศึกษา*, 31 (กุมภาพันธ์ 2523), 6-17.
- ประภัสสร บุญทวีกุลสวัสดิ์. (2553). *การพัฒนาแนวคิดเรื่องการเรียนรู้และการตอบสนองของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย โดยการจัดการเรียนการสอนด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้*. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- ประมวล ศิริผันแก้ว. (2546). *การจัดการเรียนการสอนที่ยึดแนวทางการสืบเสาะหาความรู้ (InquirybasedTeaching/Learning)*. เข้าถึงได้จาก <http://www.ipst.ac.th/stat/assets/journal/jhikJan.pdf>.
- ปรีชา วงศ์ศิริ. (2525). *การจัดลำดับเนื้อหาและประสบการณ์ หน่วยที่ 1-17*. มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช. กรุงเทพฯ: ยูไนเต็ดโปรดักชั่น.
- ปรียาพร วงศ์อนุตรโรจน์. (2543). *การบริหารงานวิชาการ*. กรุงเทพฯ: ศูนย์สื่อเสริมกรุงเทพ.
- พรพรรณ พิงประยูรพงศ์. (2547). *ผลการพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนคอมพิวเตอร์ตามแนวคอนสตรัคติวิสต์ ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 2 ตามหลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2544*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาโสตทัศนศึกษา, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2543). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สำนักทดสอบทางการศึกษาและจิตวิทยา มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.
- พันธ์ ทองชุมนุม. (2547). *การสอนวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษา*. กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.
- พิคนตร อุทัยไชย. (2553). *แนวคิดเรื่องพันธุศาสตร์โมเลกุล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 . การสัมมนาเชิงปฏิบัติการและนำเสนองานวิจัยระดับชาติเรื่องการจัดการเรียนการสอนเพื่อพัฒนากระบวนการคิด*. กรุงเทพฯ: คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์ และเพยาร์ ยินดีสุข. (2548). *วิธีวิทยาการสอนวิทยาศาสตร์ทั่วไป*. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ปแมนเนจเม้นท์.
- พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2544). *การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: แนวคิด วิธีการเทคนิคการสอน 2*. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ปแมนเนจเม้นท์.
- ไพฑูริย์ สุขศรีงาม. (2545). *สัมมนาหลักสูตรและการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี*. เอกสารประกอบการเรียน วิชา 506713 สัมมนาหลักสูตรและการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

- ภพ เลหาไพบุญย์. (2540). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.
- มนัส บุญประกอบ. (2533). "ยุทธศาสตร์ใหม่ทางการศึกษา: แผนภูมิโมโนทัศน์". *วารสาร สสวท*, 18(69), 26-29.
- ยุทธ ไกยวรรณ. (2555). *หลักสถิติวิจัยและการใช้โปรแกรม SPSS*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- ยุพาพร เลาสัตย์. (2553). *ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ที่มีต่อความคิดรวบยอด เรื่องพืชของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 .วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยรามคำแหง.*
- รัตนา เล็งสุข. (2540). *การศึกษาแนวคิดเรื่องพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6 โรงเรียนดอนฉิมพลีพิทยาคม อำเภอบางน้ำเปรี้ยว จังหวัดฉะเชิงเทรา: กรณีศึกษา. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.*
- ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2543). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- ล้วน สายยศ. (2539). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.
- วรรณทิพา รอดแรงคำ และพิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2542). *การพัฒนาการคิดของครูด้วยกิจกรรมทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ปแมนเนจเม้นท์.
- วรรณทิพา รอดแรงคำ. (2544). *การสอนวิทยาศาสตร์ที่เน้นกระบวนการ* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพวิชาการ (พว.).
- วรุณี โกสุมศุภมาลา. (2552). *การพัฒนาแนวคิดเรื่องโมล ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการสอนแบบการสร้างความรู้ด้วยตนเองเชิงสังคม.วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.*
- วรารณณ์ แยมจินดา. (2547). *แนวคิดเรื่องการเปลี่ยนแปลงสถานะของสารของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-6. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.*
- วัลลภ คงนะ. (2555). *รายงานผลการจัดการเรียนการสอนวิชาเคมี*. สำนักงานส่งเสริมสังคมแห่งการเรียนรู้และคุณภาพเยาวชน. (สสค.) ศรีนครินทร์วิโรฒ. สตรีคดีวิสต์ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบสอบ สำหรับนักเรียนช่วงชั้นที่ 2.

- สถาบันการทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2556). *การทดสอบทางการศึกษาระดับชาตินี้พื้นฐาน (Ordinary National Educational Test: O-NET)*. เข้าถึงได้จาก <http://www.niets.or.th/index.html>.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2545). *คู่มือการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *การจัดสาระการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์ หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2549). *คู่มือการจัดการเรียนรู้*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์คุรุสภาลาดพร้าว.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). *เอกสารการอบรมครูระบบทางไกล*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2552). *เอกสารการอบรมครูระบบทางไกล*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค.
- สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2554). *เอกสารการอบรมครูระบบทางไกล*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ สกสค.
- สมนึก ภัททิยฉน์. (2549). *การวัดผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กทม.: ประสานการพิมพ์.
- สมบุญ สิริวงศา, สมจิตรา เรืองศรี และเพ็ญศรี เศรษฐวงศา. (2544). *ระเบียบวิธีวิจัยทางการศึกษา*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ศูนย์ส่งเสริมวิชาการ.
- สมโภชน์ อเนกสุข. (2553). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 4). ชลบุรี: คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.
- สุทธิจักร ศรีถนอมรัก. (2548). *แนวคิดเกี่ยวกับเซลล์และการแบ่งเซลล์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ในเขตทุ่งเพียงของ แขวงเวียงจันทน์ ประเทศสาธารณรัฐประชาธิปไตยประชาชนลาว*. วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- สำนักวิชาการและมาตรฐานการศึกษา สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *ตัวชี้วัดและสาระการเรียนรู้แกนกลางกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ตามหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551*. กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

- สุธารพิงค์ โนนศรีชัย. (2550). *การคิดวิเคราะห์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ของนักเรียน ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5Es). วิทยานิพนธ์ปริญญาศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.*
- สุรวงศ์ ไคว่ตระกูล. (2541). *จิตวิทยาการศึกษา (พิมพ์ครั้งที่ 4).* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.
- สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ. (2545). *21 วิธีจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด.* กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.
- โสภภาพรรณ แสงศัพท์, ลัดดาวรรณ เจริญศักดิ์ศิริ และนภาพร บรรพพงศ์. (2525). *การศึกษามโนภาพที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายโปรแกรมวิทยาศาสตร์และนักศึกษาวิทยาลัยครู.* กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อาทิตยา จิตรเชื้อเพื่อ. (2551). *การส่งเสริมแนวคิดเชิงวิทยาศาสตร์และการคิดอย่างมีวิจารณญาณในเรื่องการตอบสนองของพืชของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยวิธีสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์.* วิทยานิพนธ์ศิลปศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.
- อำนาจ เจริญศิลป์. (2537). *วิธีสอนวิทยาศาสตร์ยุคใหม่.* กรุงเทพฯ: โอ.เอส.พรีนติ้ง เฮ้าส์.
- Bassmajian, R. K. (1978). *The Relationship Between Piagetian Cognitive Maturity and Scholastic Success of Students Enrolled in an Audio-Tutorial Biology Program.* Retrieved from www.lib.umi.com/dissertations/fullcit/7810538.
- Budnitz, N. (2009). *What Do We Mean by Inquiry.* Retrieved from www.biology.duke.edu/cibl/inquiry/what_is_inquiry/htm.
- Cohen, Staley, & Horak. (1989). *Teaching Science as Decision Making Process.* Kendal: Hunt.
- De Vos, Wobbe & Verdonk, Adri. H. (1987). A new Road to Reaction. *Journal of Chemical Eudation*, 64, 692-694.
- Eggen, P. D., & Kauchak, D. P. (1997). *Educational Psychology.* New Jersey: Prentice Hall.

- Goldston, M.J., Day, J. B., Sundberg, C., & Dantzler, J. (2009). Psychometric Analysis of A 5E Learning Cycle Plan Assessment instrument. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 5(9), 343-349.
- Michael J. S. (2001). *5E's Activities*. Retrieved from <http://www.mcps.k12.md.us/curriculum/science/instr/5Eactivities.htm>.
- Mintzes, J. J. (1989). The Acquisition of Biological Knowledge During Childhood: An Alternative Conception. *Journal of Research in Science Teaching*, 26(9), 823-824.
- National Research Council. (1996). *National science education standards*. Washington DC: National Academy Press.
- National Research Council. (2000). *Inquiry and the national science education standards: A guide for teaching and learning*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- National Research Council. (2002). *Panel to Review the 2000 Census, Committee on National Statistics*. In Richard J. Shavelson & Lisa Towne (Eds.), *The 2000 Census: Interim Assessment*. Constance F. Citro, Washington, D.C.: National Academy Press.
- Osborne, R. J., & Cosgrove, M. M. (1983). Children's Conception of Changes of State of Water. *Journal of Research in Science Teaching*, 20, 825-838.
- Sund, R. B., & Throwbridge, L. W. (1967). *Teaching Science by Inquiry in the Secondary School*. Ohio: Charls E. Merrill.
- Tisher, R. P., Power, Colin N., & Endean, L. (1972). *Fundamental Issues in Science Education*. New York: John Wiley & Sons.
- Trowbridge & Bybee. (1996). *Teaching Secondary School Science: Strategies for Developing Scientific Literacy* (6th ed.). Englewood Cliffs, New Jersey: Prentice Hall A Simon & Schuster.
- Welch, W. W. (1981). *Inquiry in School Science. The Science Teacher*. Washington, D.C.: National Science Teachers Association.

West, L. H. T., & Pines, A. L. (1985). *Cognitive Structure and Conceptual Change*. New York: Academic Press.

White, R. T., & Gunstone, R. F. (1992). *Probing Understanding*. Great Britain: Burgess Science Press.

Wilder, M., & Shuttleworth, P. (2005). "Cell Inquiry: A 5e Learning Cycle Lesson. *Science Activities*". *Winter*, 41(4), 37-43.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก
- รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

- | | |
|--|--|
| 1. ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.ทัศนียา
รัตนฤทัย นพรัตน์แจ่มจรัส | อาจารย์ประจำสถาบันนวัตกรรมการเรียนรู้
มหาวิทยาลัยมหิดล |
| 2. อาจารย์ปิยะวรรณ จันทน์สมบูรณ์ | อาจารย์ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมิน
ผลการศึกษา ครู คศ.3 ชำนาญการพิเศษ
โรงเรียนวัดไร่ขิงวิทยา อ.ไร่ขิง จ.นครปฐม |
| 3. อาจารย์อริสา ฤงทรัพย์ | อาจารย์สอนวิชาชีววิทยา ครู คศ.3 ชำนาญ
การพิเศษ โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย
นครปฐม (พระตำหนักสวนกุหลาบมัธยม)
อ.พุทธมณฑล จ.นครปฐม |

ภาคผนวก ข

1. การวิเคราะห์ความเหมาะสมและความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
2. การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดแนวคิดเรื่องระบบประสาท เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับผลการเรียนรู้
3. การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับผลการเรียนรู้
4. การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดแนวคิดเรื่องระบบประสาท
5. การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์
6. จำนวนนักเรียนและค่าร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีแนวคิดเรื่องระบบประสาท
7. คะแนนแบบวัดแนวคิดวิชาชีววิทยาเรื่องระบบประสาท ที่ได้จากนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้อง 3 จำนวน 30 คน
8. คะแนนความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้อง 3 จำนวน 30 คน

การวิเคราะห์ความเหมาะสมและความสอดคล้องของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

ตารางภาคผนวก ข-1 การวิเคราะห์หาความเหมาะสมการจัดการเรียนรู้ ประเมิน

แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ แผนที่ 1 เรื่องการรับรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิด

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็น			เฉลี่ย	ระดับความเหมาะสม
	ของผู้เชี่ยวชาญ				
	คนที่1	คนที่2	คนที่3		
1. กิจกรรมสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้	4	5	5	4.66	มากที่สุด
2. ผลการเรียนรู้ครอบคลุมด้านความรู้ ทักษะ กระบวนการคุณธรรมจริยธรรมและค่านิยม	4	5	5	4.66	มากที่สุด
3. ผลการเรียนรู้สอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้	4	5	4	4.33	มาก
4. กิจกรรมสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	4	5	5	4.66	มากที่สุด
5. ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมเหมาะสม	4	4	5	4.33	มาก
6. กิจกรรมกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง	5	5	5	5.00	มากที่สุด
7. สื่อการเรียนรู้เหมาะสม ตรงตามผลการเรียนรู้	5	4	5	4.66	มากที่สุด
	4	4	5	4.66	มากที่สุด
8. เนื้อหาในสื่อการเรียนรู้สามารถนำไปใช้กับชีวิตประจำวันได้	4	4	5	4.33	มาก
9. การประเมินครอบคลุมผลการเรียนรู้	4	5	5	4.66	มากที่สุด
10. การประเมินครอบคลุมด้านความรู้ ทักษะ ความรู้สึและการแสดงออกทุกด้าน					

ตารางภาคผนวก ข-2 การวิเคราะห์หาความเหมาะสมการจัดการเรียนรู้ ประเมินแผนการจัดการ
เรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ แผนที่ 2 เรื่อง โครงสร้างของเซลล์ประสาท
หน้าที่ของเซลล์ประสาท

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็น			เฉลี่ย	ระดับความ เหมาะสม
	ของผู้เชี่ยวชาญ				
	คนที่1	คนที่2	คนที่3		
1. กิจกรรมสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้	4	5	5	4.66	มากที่สุด
2. ผลการเรียนรู้ครอบคลุมด้านความรู้ ทักษะ กระบวนการคุณธรรมจริยธรรมและค่านิยม	4	5	5	4.66	มากที่สุด
3. ผลการเรียนรู้สอดคล้องกับมาตรฐานการ เรียนรู้	4	5	4	4.33	มาก
4. กิจกรรมสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	4	5	5	4.66	มากที่สุด
5. ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมเหมาะสม	4	4	5	4.33	มาก
6. กิจกรรมกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบและสร้าง องค์ความรู้ด้วยตนเอง	5	5	5	5.00	มากที่สุด
7. สื่อการเรียนรู้เหมาะสม ตรงตามผลการ เรียนรู้	5	4	5	4.66	มากที่สุด
	4	4	5	4.66	มากที่สุด
8. เนื้อหาในสื่อการเรียนรู้สามารถนำไปใช้กับ ชีวิตประจำวันได้	4	4	5	4.33	มาก
9. การประเมินครอบคลุมผลการเรียนรู้	4	5	5	4.66	มากที่สุด
10. การประเมินครอบคลุมด้านความรู้ ทักษะ ความรู้สึและการแสดงออกทุกด้าน					

ตารางภาคผนวก ข-3 การวิเคราะห์หาความเหมาะสมการจัดการเรียนรู้ ประเมินแผนการจัดการ
เรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ แผนที่ 3 เรื่อง การทำงานของเซลล์ประสาท

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็น			เฉลี่ย	ระดับความ เหมาะสม
	ของผู้เชี่ยวชาญ				
	คนที่1	คนที่2	คนที่3		
1. กิจกรรมสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้	4	5	5	4.66	มากที่สุด
2. ผลการเรียนรู้ครอบคลุมด้านความรู้ ทักษะ กระบวนการคุณธรรมจริยธรรมและค่านิยม	4	5	5	4.66	มากที่สุด
3. ผลการเรียนรู้สอดคล้องกับมาตรฐานการ เรียนรู้	4	5	4	4.33	มาก
4. กิจกรรมสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	4	5	5	4.66	มากที่สุด
5. ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมเหมาะสม	4	4	5	4.33	มาก
6. กิจกรรมกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบและสร้าง องค์ความรู้ด้วยตนเอง	5	5	5	5.00	มากที่สุด
7. สื่อการเรียนรู้เหมาะสม ตรงตามผลการ เรียนรู้	5	4	5	4.66	มากที่สุด
8. เนื้อหาในสื่อการเรียนรู้สามารถนำไปใช้กับ ชีวิตประจำวันได้	4	4	5	4.33	มาก
9. การประเมินครอบคลุมผลการเรียนรู้	4	5	5	4.66	มากที่สุด
10. การประเมินครอบคลุมด้านความรู้ ทักษะ ความรู้สึและการแสดงออกทุกด้าน	4	5	5	4.66	มากที่สุด

ตารางภาคผนวก ข-4 การวิเคราะห์หาความเหมาะสมการจัดการเรียนรู้ ประเมินแผนการจัดการ
เรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ แผนที่ 4 Central Nervous System

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็น			เฉลี่ย	ระดับความ เหมาะสม
	ของผู้เชี่ยวชาญ				
	คนที่1	คนที่2	คนที่3		
1. กิจกรรมสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้	4	5	5	4.66	มากที่สุด
2. ผลการเรียนรู้ครอบคลุมด้านความรู้ ทักษะ กระบวนการคุณธรรมจริยธรรมและค่านิยม	4	5	5	4.66	มากที่สุด
3. ผลการเรียนรู้สอดคล้องกับมาตรฐานการ เรียนรู้	4	5	4	4.33	มาก
4. กิจกรรมสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	4	5	5	4.66	มากที่สุด
5. ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมเหมาะสม	4	4	5	4.33	มาก
6. กิจกรรมกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบและสร้าง องค์ความรู้ด้วยตนเอง	5	5	4	4.66	มากที่สุด
7. สื่อการเรียนรู้เหมาะสม ตรงตามผลการ เรียนรู้	5	4	5	4.66	มากที่สุด
8. เนื้อหาในสื่อการเรียนรู้สามารถนำไปใช้กับ ชีวิตประจำวันได้	4	4	5	4.33	มาก
9. การประเมินครอบคลุมผลการเรียนรู้	4	5	5	4.66	มากที่สุด
10. การประเมินครอบคลุมด้านความรู้ ทักษะ ความรู้สึและการแสดงออกทุกด้าน	4	5	5	4.66	มากที่สุด

ตารางภาคผนวก ข-5 การวิเคราะห์หาความเหมาะสมการจัดการเรียนรู้ ประเมินแผนการจัดการ
เรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ แผนที่ 5 การทำงานของระบบประสาทตั้ง
การของระบบประสาทรอบนอก

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็น			เฉลี่ย	ระดับความ เหมาะสม
	ของผู้เชี่ยวชาญ				
	คนที่1	คนที่2	คนที่3		
1. กิจกรรมสอดคล้องกับมาตรฐานการเรียนรู้	4	5	5	4.66	มากที่สุด
2. ผลการเรียนรู้ครอบคลุมด้านความรู้ ทักษะ กระบวนการคุณธรรมจริยธรรมและค่านิยม	4	5	5	4.66	มากที่สุด
3. ผลการเรียนรู้สอดคล้องกับมาตรฐานการ เรียนรู้	4	5	4	4.33	มาก
4. กิจกรรมสอดคล้องกับผลการเรียนรู้	4	5	5	4.66	มากที่สุด
5. ระยะเวลาในการจัดกิจกรรมเหมาะสม	4	4	5	4.33	มาก
6. กิจกรรมกระตุ้นให้ผู้เรียนได้ค้นพบและสร้าง องค์ความรู้ด้วยตนเอง	5	5	5	5.00	มากที่สุด
7. สื่อการเรียนรู้เหมาะสม ตรงตามผลการ เรียนรู้	5	4	5	4.66	มากที่สุด
	4	4	4	4.00	มากที่สุด
8. เนื้อหาในสื่อการเรียนรู้สามารถนำไปใช้กับ ชีวิตประจำวันได้	4	4	5	4.33	มาก
9. การประเมินครอบคลุมผลการเรียนรู้	4	5	5	4.66	มากที่สุด
10. การประเมินครอบคลุมด้านความรู้ ทักษะ ความรู้สึและการแสดงออกทุกด้าน					

การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดแนวคิดเรื่องระบบประสาท เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้อง
ระหว่างข้อสอบกับผลการเรียนรู้

ตารางภาคผนวก ข-6 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับผลการเรียนรู้ของ
แบบทดสอบวัดแนวคิดเรื่องระบบประสาท

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			R	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	1	1	1	3	1.00
2	1	1	1	3	1.00
3	1	1	1	3	1.00
4	1	1	1	3	1.00
5	1	1	0	2	0.67
6	1	1	1	3	1.00
7	1	0	1	2	0.67
8	1	1	1	3	1.00
9	1	1	1	3	1.00
10	1	1	1	3	1.00
11	1	1	1	3	1.00
12	1	1	1	3	1.00
13	1	1	1	3	1.00
14	1	1	1	3	1.00

การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้ เพื่อหาค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับผลการเรียนรู้

ตารางภาคผนวก ข-7 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับผลการเรียนรู้ของ
แบบทดสอบวัดความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์(ก่อนเรียน)

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			R	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	1	1	1	3	1.00
2	1	1	1	3	1.00
3	1	0	1	2	0.67
4	1	1	1	3	1.00
5	1	1	1	3	1.00

ตารางภาคผนวก ข-8 แสดงค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับผลการเรียนรู้ของ
แบบทดสอบวัดความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ (หลังเรียน)

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ			R	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3		
1	1	1	1	3	1.00
2	1	1	1	3	1.00
3	1	0	1	2	0.67
4	1	1	1	3	1.00
5	1	1	1	3	1.00

การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดแนวคิดเรื่องระบบประสาท

ตารางภาคผนวก ข-9 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดแนวคิดเรื่องระบบประสาท

ข้อที่	<i>p</i>	<i>r</i>
1	0.73	0.27
2	0.77	0.20
3	0.70	0.20
4	0.63	0.20
5	0.73	0.27
6	0.70	0.20
7	0.57	0.20
8	0.63	0.20
9	0.63	0.60
10	0.77	0.47
11	0.70	0.60
12	0.63	0.73
13	0.67	0.67
14	0.63	0.60

ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.81

การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดความสามารถในการสืบเสาะหาความรู้

ตารางภาคผนวก ข-10 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์(ก่อนเรียน)

ข้อที่	<i>p</i>	<i>r</i>
1	0.80	0.40
2	0.80	0.27
3	0.77	0.33
4	0.73	0.40
5	0.73	0.27

ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.78

ตารางภาคผนวก ข-11 แสดงผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) แบบทดสอบวัดความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์(หลังเรียน)

ข้อที่	<i>p</i>	<i>r</i>
1	0.80	0.40
2	0.80	0.27
3	0.77	0.33
4	0.73	0.40
5	0.73	0.27

ได้ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ 0.78

ตารางภาคผนวก ข-12 แสดงจำนวนนักเรียนและค่าร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีแนวคิดเรื่องระบบประสาท โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (N=40) ก่อนเรียน

แนวคิด	จำนวนนักเรียนและร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มทดลองในแนวคิดเรื่อง ระบบประสาท									
	SU		PU		PU/SM		SM		NU	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
การรับรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิด	14	35.0	12	30.0	8	20.0	6	15.0	-	-
เซลล์ประสาท	13	32.5	14	35.0	7	17.5	6	15.0	-	-
การทำงานของเซลล์ประสาท	17	42.5	11	27.5	6	15.0	6	15.0	-	-
โครงสร้างของระบบประสาท	15	37.5	14	35.0	7	17.5	4	10.0	-	-
การทำงานของระบบประสาทสั่งการของระบบประสาทรอบนอก (PNS)	15	37.5	10	25.0	7	17.5	8	20.0	-	-
คิดเป็นร้อยละ	37.0		23.5		17.5		15.0		-	

หมายเหตุ SU = แนวคิดถูกต้อง ; PU = แนวคิดถูกต้องบางส่วน ; PU/SM = แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน ; SM = แนวคิดคลาดเคลื่อน ; NU = ไม่เข้าใจหรือไม่มีแนวคิด

ตารางภาคผนวก ข-13 แสดงจำนวนนักเรียนและค่าร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีแนวคิดเรื่องระบบประสาท โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ (N=40) หลังเรียน

แนวคิด	จำนวนนักเรียนและร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มทดลองในแนวคิดเรื่อง ระบบประสาท									
	SU		PU		PU/SM		SM		NU	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
การรับรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิด	19	47.5	11	27.5	6	15.0	4	10.0	-	-
เซลล์ประสาท	18	45.0	12	30.0	5	12.5	4	10.0	-	-
การทำงานของเซลล์ประสาท	21	52.5	11	27.5	4	10.0	4	10.0	-	-
โครงสร้างของระบบประสาท	19	47.5	14	35.0	5	12.5	2	5.0	-	-
การทำงานของระบบประสาทสั่งการของระบบประสาทรอบนอก (PNS)	20	50.0	9	22.5	6	15.0	5	12.5	-	-
คิดเป็นร้อยละ	48.5		28.5		13.0		9.5		-	

หมายเหตุ SU = แนวคิดถูกต้อง ; PU =แนวคิดถูกต้องบางส่วน ; PU/SM =แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน ; SM =แนวคิดคลาดเคลื่อน ; NU = ไม่เข้าใจหรือไม่มีแนวคิด

ตารางภาคผนวก ข-14 แสดงจำนวนนักเรียนและค่าร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีแนวคิดเรื่องระบบประสาท โดยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (N=40) ก่อนเรียน

แนวคิด	จำนวนนักเรียนและร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มควบคุมในแนวคิดเรื่อง ระบบประสาท									
	SU		PU		PU/SM		SM		NU	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
การรับรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิด	16	40.0	10	25.0	8	20.0	6	15.0	-	-
เซลล์ประสาท	13	32.5	11	27.5	8	20.0	8	20.0	-	-
การทำงานของเซลล์ประสาท	18	45.0	11	27.5	5	12.5	6	15.0	-	-
โครงสร้างของระบบประสาท	6	15.0	13	32.5	13	32.5	8	20.0	-	-
การทำงานของระบบประสาทสั่งการของระบบประสาทรอบนอก (PNS)	15	37.5	10	25.0	8	20.0	7	17.5	-	-
คิดเป็นร้อยละ	34.0		27.5		21.0		17.5		-	

หมายเหตุ SU = แนวคิดถูกต้อง ; PU = แนวคิดถูกต้องบางส่วน ; PU/SM = แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน ; SM = แนวคิดคลาดเคลื่อน ; NU = ไม่เข้าใจหรือไม่มีแนวคิด

ตารางภาคผนวก ข-15 แสดงจำนวนนักเรียนและค่าร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่มีแนวคิดเรื่องระบบประสาท โดยการจัดการเรียนรู้แบบปกติ (N=40) หลังเรียน

แนวคิด	จำนวนนักเรียนและร้อยละของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 กลุ่มควบคุมในแนวคิดเรื่อง ระบบประสาท									
	SU		PU		PU/SM		SM		NU	
	n	%	n	%	n	%	n	%	n	%
การรับรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิด	18	45.0	9	22.5	8	20.0	5	12.5	-	-
เซลล์ประสาท	15	37.5	11	27.5	6	15.0	8	20.0	-	-
การทำงานของเซลล์ประสาท	19	47.5	11	27.5	4	10.0	6	15.0	-	-
โครงสร้างของระบบประสาท	6	15.0	14	35.0	13	32.5	7	17.5	-	-
การทำงานของระบบประสาทสั่งการของระบบประสาทรอบนอก (PNS)	15	37.5	9	22.5	7	17.5	5	12.5	-	-
คิดเป็นร้อยละ	36.5		27.5		19.0		15.5		-	

หมายเหตุ SU = แนวคิดถูกต้อง ; PU = แนวคิดถูกต้องบางส่วน ; PU/SM = แนวคิดถูกต้องบางส่วนและคลาดเคลื่อนบางส่วน ; SM = แนวคิดคลาดเคลื่อน ; NU = ไม่เข้าใจหรือไม่มีแนวคิด

ตารางภาคผนวก ข-16 คะแนนแบบวัดแนวคิดวิชาชีววิทยาเรื่องระบบประสาท ที่ได้จากนักเรียน
ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้อง 3 จำนวน 30 คน
(70 คะแนน)

คนที่	ผู้ตรวจ 1	ผู้ตรวจ 2	คนที่	ผู้ตรวจ 1	ผู้ตรวจ 2
1	53	51	21	57	50
2	56	44	22	55	53
3	55	53	23	48	58
4	52	56	24	49	49
5	52	57	25	52	58
6	60	56	26	49	49
7	55	54	27	53	55
8	50	55	28	61	57
9	43	47	29	62	56
10	51	56	30	64	57
11	42	52			
12	53	56			
13	54	59			
14	62	56			
15	52	45			
16	62	46			
17	58	43			
18	64	45			
19	63	53			
20	58	51			

ค่าคะแนนเฉลี่ยผู้ตรวจ 1 มีค่าเท่ากับ 54.83

คะแนนเฉลี่ยผู้ตรวจ 2 มีค่าเท่ากับ 52.56

ความสัมพันธ์ของผู้ประเมิน มีค่าเท่ากับ .97

ตารางภาคผนวก ข-17 คะแนนความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์ที่ได้จากนักเรียน
ที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่างคือนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้อง 3 จำนวน 30 คน
(10คะแนน)

คนที่	ผู้ตรวจ 1	ผู้ตรวจ 2	คนที่	ผู้ตรวจ 1	ผู้ตรวจ 2
1	8	8	21	8	7
2	6	7	22	9	9
3	9	6	23	8	7
4	7	7	24	9	9
5	7	8	25	7	8
6	6	6	26	8	7
7	8	7	27	9	8
8	8	8	28	7	7
9	6	8	29	8	8
10	7	7	30	8	7
11	8	6			
12	5	7			
13	7	7			
14	8	5			
15	8	8			
16	8	8			
17	6	6			
18	8	7			
19	7	7			
20	7	8			

ค่าคะแนนเฉลี่ยผู้ตรวจ 1 มีค่าเท่ากับ 7.50

คะแนนเฉลี่ยผู้ตรวจ 2 มีค่าเท่ากับ 7.26

ความสัมพันธ์ของผู้ประเมิน มีค่าเท่ากับ .15

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

- แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้
- แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ
- แบบวัดแนวคิดเรื่องระบบประสาท
- แบบวัดความสามารถในการสืบเสาะทางวิทยาศาสตร์

โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย นครปฐม(พระตำหนักสวนกุหลาบมัธยม)
แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้

วิชา ชีววิทยา

รหัส ว 30242

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ระบบประสาท

เวลา 3 คา

หน่วยย่อยการเรียนรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิด

สาระที่ 1 : สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.1 : เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

สาระที่ 8 : ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 : ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา ระบุว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอนสามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้อุปกรณ์และเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ผลการเรียนรู้

1. อธิบายการเกี่ยวกับการรับรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ได้
2. วิเคราะห์ความแตกต่างของเซลล์ประสาทในสิ่งมีชีวิตต่างชนิดได้
3. สามารถตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้
4. สามารถออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานได้
5. อธิบายผลการทดลองได้
6. อภิปรายผลการทดลองได้
7. นำเสนอผลจากการทดลองได้
8. ใฝ่เรียนรู้และมีความรับผิดชอบ

สาระสำคัญ

การรับรู้การเปลี่ยนแปลงต่อสภาพแวดล้อมของสิ่งมีชีวิต เข้าใจว่าสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในธรรมชาติ มีกลไกการตอบสนองต่อสิ่งเร้า ที่สามารถแสดงให้เห็นถึงการทำงานของระบบประสาทได้ โดยเริ่มจากมีสิ่งเร้ามากระทบหน่วยรับความรู้สึก แล้วอาจจะไปที่หน่วยแปลความรู้สึกก่อนหรือไปที่หน่วยสั่งการได้เลยก็ได้ จากนั้นหน่วยสั่งการจะส่งคำสั่งไปยังหน่วยปฏิบัติงานเพื่อให้เกิดการตอบสนองต่อไป

พารามีเซียมเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ไม่มีเซลล์ประสาท แต่พบว่าสามารถเคลื่อนที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้า เช่น แสง ได้จากการพัดโบกของซีเลีย ซึ่งควบคุมการทำงานโคเนลันไยที่เชื่อมระหว่างโคเนลีย ที่เรียกว่า เส้นใยประสานงาน

ในสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง มีการพัฒนาเป็นระบบประสาทอย่างง่าย เช่น ไฮดรา มีร่างแหประสาท (nerve net) พลานาเลีย เริ่มมีปมประสาท (nerve ganglion) และเส้นประสาทที่เชื่อมกันเป็นวงแหวนประสาท (nerve ring) และในพวกไส้เดือน กุ้ง หอย และแมลง มีปมประสาทขึ้น ทำหน้าที่เป็นสมองอยู่ที่ส่วนหัว นอกจากนี้ยังมีปมประสาทตามปล้องของลำตัวและมีเส้นประสาทเชื่อมปมประสาทระหว่างปล้อง เป็นต้น

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement)

1. ครูขออนักเรียนอาสาสมัครออกมาเล่นเกมสี color test โดยการให้นักเรียนระบุสีต่างๆ ตามการมองเห็นไม่ใช่ตามสีที่ใช้พิมพ์ ครูช่วยวิเคราะห์หาเหตุผลที่นักเรียนบางคนตอบถูก บางคนตอบผิด (แนวคำตอบคือ เป็นผลจากการรับรู้และการตอบสนอง)
2. ครูถามนักเรียนว่าการรับรู้ต่างๆจากกิจกรรมเกิดขึ้นได้อย่างไร (แนวคำตอบคือเกิดจากการรับรู้ด้วยตาและแปลผลของระบบประสาท)
3. ครูนำพารามีเซียม สารละลายแอสติค และสารละลายไซเดียมคลอไรด์ และถามนักเรียนว่าถ้าครูนำพารามีเซียมใส่ลงไปในกรดแอสติค และใส่ลงในสารละลายไซเดียมคลอไรด์ นักเรียนคิดว่าพารามีเซียมจะแสดงพฤติกรรมตอบสนองอย่างไร (จะเคลื่อนที่เข้าหาหรือเคลื่อนที่หนีออกไปจำนวนเท่าไร)

ขั้นการสำรวจค้นหา (Exploration)

4. นักเรียนแบ่งกลุ่ม กลุ่มละ 4 คน และช่วยกันคิดว่า จะทำการทดลองเพื่อหาคำตอบโดยให้เขียนวิธีการทดลองลงในใบงานที่ 1 เรื่อง การศึกษาการรับรู้และตอบสนองต่อสารเคมีของพารามีเซียม
5. ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มออกมานำเสนอการทดลองของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียน
6. ครูและนักเรียนอภิปรายและเลือกวิธีการที่ดีที่สุดในการทดลอง (ครูควรแนะแนวทางการทดลองที่ดีที่สุดให้กับนักเรียน)
7. นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกัน ตั้งสมมติฐาน และออกแบบการทดลองและเขียนวิธีการทดลองลงในใบงานที่ 1 เรื่อง การศึกษาการรับรู้และตอบสนองต่อสารเคมีของพารามีเซียม จากนั้นให้มาเลือกอุปกรณ์การทดลองที่ครูเตรียมไว้หน้าชั้นเรียนตามที่นักเรียนต้องใช้ในการทดลอง
8. นักเรียนเริ่มทดลองโดยนักเรียนตัดเส้นด้ายสีขาวยาวท่อนละ 3 มิลลิเมตร แฉ่งลงในบีกเกอร์ที่มีสารละลาย โซเดียมคลอไรด์ 0.5% ใช้เข็มเย็บ เย็บเส้นด้ายในข้อ 1 มาวางบนหยดน้ำที่มีพารามีเซียมบนแผ่นสไลด์ นำมาส่องดูด้วยกล้องจุลทรรศน์ โดยสังเกตบริเวณรอบๆ เส้นด้ายว่ามีพารามีเซียมอยู่หนาแน่นมากหรือน้อยกว่าบริเวณอื่น และทำการทดลองเช่นเดียวกันแต่ใช้เส้นด้ายที่แช่ในสารละลายกรดแอสติก 0.5% แทนเส้นด้ายที่แช่ในสารละลายโซเดียมคลอไรด์
9. นักเรียนบันทึกผลการทดลองลงในตารางบันทึกผล

ขั้นอภิปรายและลงข้อสรุป (Explanation)

10. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันสรุปผลการทดลองลงในใบงานที่ 1 เรื่อง การศึกษาการรับรู้และตอบสนองต่อสารเคมีของพารามีเซียม
11. นักเรียนแต่ละกลุ่มนำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียนให้เพื่อนกลุ่มอื่นๆ ฟังและร่วมกันอภิปรายผลการทดลอง (ใบงานที่ 1 เรื่อง การศึกษาการรับรู้และตอบสนองต่อสารเคมีของพารามีเซียม)
12. ครูและนักเรียนช่วยกันสรุปผลจากผลของนักเรียนทุกกลุ่ม (แนวตอบจากผลการทดลองพบว่า รอบๆ เส้นด้ายที่แช่สารละลาย กรดแอสติก 0.5 % มีพารามีเซียมอยู่อย่างหนาแน่นมากกว่าเส้นด้ายที่แช่ด้วยสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.5 % ดังนั้นสรุปว่าพารามีเซียมสามารถรับรู้และตอบสนองต่อสิ่งเร้าประเภทสารเคมีได้โดยการเคลื่อนที่ เข้าหาหรือหนีจากสารเคมีโดยพบว่าพารามีเซียมจะเคลื่อนที่เข้าหาเส้นด้ายที่แช่สารละลายกรดแอสติก 0.5 % เคลื่อนที่หนีจากสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.5 %)

13. นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันสรุปการศึกษาระบบประสาทของสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆจากใบงานที่ 2 เรื่องการนำเสนอผลการทดลองการศึกษารับรู้และตอบสนองต่อสารเคมีของพารามีเซียม

ขั้นขยายความรู้ (Elaboration)

14. ครูสรุปความรู้ว่าพารามีเซียมคือสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวซึ่งพบว่าสามารถมีการรับรู้และตอบสนองอย่างง่ายได้โดยการตอบสนองต่อสิ่งเร้าประเภทสารเคมีซึ่งพบว่ามีสารเคมีที่เข้าหาหรือหนีจากสารเคมีโดยพบว่าพารามีเซียมจะเคลื่อนที่เข้าหาเส้นด้ายที่แช่สารละลายกรดแอสติค 0.5 % และเคลื่อนที่หนีจากสารละลายโซเดียมคลอไรด์ 0.5 %

15. ครูให้นักเรียนดูรูป (กิ้งกือ) แล้วถามว่านักเรียนคิดว่าสิ่งมีชีวิตนี้คืออะไร แล้วมีการตอบสนองต่อสิ่งเร้ารอบๆข้างอย่างไรบ้าง (แนวตอบกิ้งกือมีระบบประสาทที่มีปมประสาทที่หัว 1 คู่ และมีเส้นประสาททางด้านท้อง (ventral nerver cord) ทอดไปตามความยาวของลำตัว 1 คู่ และมีอวัยวะสัมผัสเจริญดี เช่น ตาเดี่ยว ตาประกอบ หนวด ขาสัมผัส โดยจะใช้ขาจับสัมผัสช่วยในการเคลื่อนที่)

16. นักเรียนศึกษาข้อมูลเพิ่มเติมจากใบความรู้ที่ 1 เรื่องการรับรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตที่ครูเตรียมมาให้ และตอบคำถามในแบบฝึกหัดชุดที่ 1 เรื่องการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิด และเฉลยแบบฝึกหัดชุดที่ 1 เรื่องการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิด

ขั้นประเมินผล (evaluation)

17. ครูมอบหมายให้นักเรียนสรุปแนวคิดเกี่ยวกับเนื้อหาที่ได้เรียนในวันนี้

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียนวิชาชีววิทยา 2 ของ สสวท.
2. ภาพของกิ้งกือ
3. แผ่นกระดาษสำหรับเล่นเกมสี color test
4. ใบงานที่ 1 เรื่องการศึกษารับรู้และตอบสนองต่อสารเคมีของพารามีเซียม
5. ใบความรู้ที่ 1 เรื่องการรับรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิต
6. แบบฝึกหัดชุดที่ 1 เรื่องการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิด

7. ใบบงานที่ 2 เรื่องการนำเสนอผลการทดลองการศึกษาศึกษาการรับรู้และตอบสนองต่อสารเคมีของ พารามีเซียม

การวัดผลประเมินผล

การวัดผล ประเมินผลด้าน	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่าน
1. ด้านความรู้ความ เข้าใจ	การตอบคำถามในใบบ งาน	1. ใบบงานที่ 1 เรื่อง การศึกษาศึกษาการรับรู้และ ตอบสนองต่อสารเคมีของ พารามีเซียม 2. แบบฝึกหัดชุดที่ 1 เรื่อง การตอบสนองของสิ่งมีชีวิต เซลล์เดียวและสัตว์บาง ชนิด 3. ใบบงานที่ 2 เรื่องการ นำเสนอผลการทดลอง การศึกษาศึกษาการรับรู้และ ตอบสนองต่อสารเคมีของ พารามีเซียม	ทำได้ถูกต้อง 60 % ขึ้นไป
2. ด้านทักษะ กระบวนการ	สังเกตจากการปฏิบัติ กิจกรรมในชั้นเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมกร ทำกิจกรรม/ทักษะ วิทยาศาสตร์	ได้คะแนนใน ระดับ 2 ขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะที่ พึงประสงค์	การสังเกตพฤติกรรมกร เรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมกร ปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม	ได้คะแนนใน ระดับดีขึ้นไป

บันทึกหลังสอน

ผลที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหาหรือสิ่งที่ต้องพัฒนา

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะในการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ

(นางจิรศยา นาคราช)

ครูผู้สอน



กิ้งกืออยู่ในไฟลัมอาร์โทรพอด (Arthropod) โดยมีระบบประสาทที่มีปมประสาทที่หัว 1 คู่ และมีเส้นประสาททางด้านท้อง (Ventral nerve cord) ทอดไปตามความยาวของลำตัว 1 คู่ และมีอวัยวะสัมผัสเจริญดี เช่น ตาเดี่ยว ตาประกอบ หนวด ขาสัมผัส

แบบสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม

กลุ่มที่ ชื่อกลุ่ม ชั้น ห้อง

สมาชิก 1. เลขที่ 2. เลขที่ 3. เลขที่
4. เลขที่ 5. เลขที่ 6. เลขที่

ลำดับที่	พฤติกรรม	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5		ครั้งที่ 6		ครั้งที่ 7		ครั้งที่ 8		ครั้งที่ 9		ครั้งที่ 10					
		4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1
		1	มีการปรึกษาและวางแผนร่วมกันก่อนทำงาน																						
2	แบ่งหน้าที่อย่างเหมาะสมและสมาชิกทุกคนทำตามหน้าที่																								
3	ปฏิบัติงานตามขั้นตอนและตั้งใจทำงาน																								
4	ให้ความช่วยเหลือกัน																								
5	ร่วมมือกันปรับปรุงและพัฒนางาน																								
6	แสดงความคิดเห็นร่วมกัน																								
7	รับฟังความคิดเห็นผู้อื่น																								
8	มีชีวิจริยธรรม																								
9	รวมคะแนนแต่ละครั้ง																								
10	หมายเหตุ ข้อเสนอแนะ คำแนะนำ																								

เกณฑ์การให้คะแนน	
ปฏิบัติบ่อยและเป็นประจำ	ระดับ 4
ปฏิบัติบ่อย	ระดับ 3
ปฏิบัติบางครั้ง	ระดับ 2
ปฏิบัติน้อยครั้ง	ระดับ 1

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ	
ช่วงคะแนน 29-32	ระดับดีมาก
ช่วงคะแนน 25-28	ระดับดี
ช่วงคะแนน 13-24	ระดับพอใช้
ช่วงคะแนน 1-12	ระดับปรับปรุง

คะแนนรวมเฉลี่ย
คุณภาพอยู่ในระดับ

เกมส์ Color Test

สีชมพู สีแดง สีดำ

สีขาว สีส้ม สีน้ำเงิน

สีม่วง สีเขียว สีเหลือง

ชื่อ-นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....กลุ่มที่.....

ใบงานที่ 1

เรื่อง การศึกษาการรับรู้และตอบสนองต่อสารเคมีของพารามีเซียม

จุดประสงค์การทดลอง

.....

ปัญหา

.....

สมมติฐาน

.....

ตัวแปรต้น

.....

ตัวแปรตาม

.....

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

.....

วิธีการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ผลการทดลอง

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

สรุปผลการทดลอง

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

อภิปรายผลการทดลอง

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

ใบความรู้

เรื่องการรับรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิต

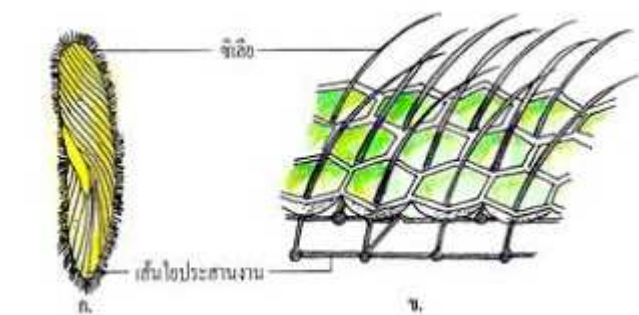
1. การรับรู้และการตอบสนอง

การทำงานของอวัยวะและส่วนต่างๆ ในร่างกายมนุษย์และสัตว์จะดำเนินไปเป็นปกติต้องอาศัยระบบประสานงานระหว่าง ระบบประสาท (nervous system) และระบบต่อมไร้ท่อ (endocrine system) การทำงานของสองระบบนี้ทำหน้าที่ควบคุมและติดต่อประสานงานต่างๆ ของร่างกายจึงเรียกรวมกันว่า ระบบประสานงาน (coordinating system)

โครงสร้างที่สำคัญของระบบประสาท คือ เซลล์ประสาทและอวัยวะสัมผัส และอีกระบบหนึ่งคือ ระบบต่อมไร้ท่อ สร้างสารเคมี เรียกว่า ฮอรโมน ทำหน้าที่สร้างสารกระตุ้นควบคุมการทำงานของร่างกาย ทั้งระบบประสาทและระบบ ต่อมไร้ท่อ ทำหน้าที่ประสานงานให้ร่างกายอยู่ในสภาวะสมดุลได้

2.1 การตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิด

2.1.1 ระบบประสาทของพารามีเซียม ประกอบด้วยเส้นใยประสานงาน(Co-ordinating fiber) ซึ่งอยู่ใต้ผิวเซลล์ เชื่อมโยงระหว่างโคนซีเลียแต่ละเส้นทำให้เกิดการประสานงาน การโบกพัดของซีเลียที่อยู่รอบ ๆ ตัว ถ้าหากตัดเส้นใยนี้พบว่า พารามีเซียม ไม่สามารถควบคุมการโบกพัดของซีเลียได้



ภาพที่ 1 แสดง ซีเลียและเส้นใยประสานงานของพารามีเซียม

ที่มา : สสวท. ชีววิทยา เล่ม 3, 2547 : 27

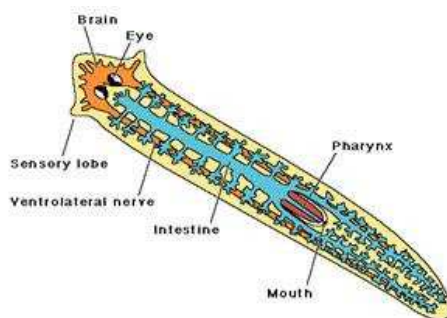
2.1.2 ระบบประสาทของไฮดรา ไฮดราไม่มีปมประสาท มีเส้นใยประสาท ที่เรียกว่าร่างแหประสาท (nerve net) มีลักษณะการเชื่อมโยงกันเป็นร่างแห กระจายอยู่รอบตัว เมื่อกระตุ้นจะทำให้ทุกส่วนของร่างกายหดตัว การเคลื่อนที่ของกระแสประสาท ช้ากว่าสัตว์ชั้นสูงมาก และการเคลื่อนที่ของกระแสประสาทไม่มีทิศทางที่แน่นอนคือ กระจายไปได้หลายทาง บริเวณปากและเพนทาเดิล มีเส้นใยประสาทอยู่มากทำให้รับความรู้สึกและตอบสนองได้ดีกว่าบริเวณอื่น



ภาพที่ 2 แสดงระบบประสาทแบบร่างแหประสาทของไฮดรา

ที่มา : <http://www.rbru.ac.th/courseware/science/4031102/lesson7/lesson7.3.html>

2.1.3 ระบบประสาทของหนอนตัวแบน หนอนตัวแบน เช่น พลานาเรีย มีปมประสาท 2 ปม อยู่ที่ส่วนหัว เรียกว่า ปมประสาทสมอง (cerebral ganglion) ทำหน้าที่เป็นสมอง ด้านหน้าของสมองมีเส้นประสาทแยกไปยัง อายสปอต (eye spot) เปรียบเสมือนตาของพลานาเรีย ด้านล่างของสมองจะมีเส้นประสาทแยกออกทั้งสองข้างลำตัวข้างละเส้น เรียกว่า เส้นประสาทด้านข้าง (lateral nerve cords) เส้นประสาทคู่นี้ มีเส้นประสาทขวางเป็นระยะๆ เรียกว่า เส้นประสาทตามขวาง (transverse nerve cords) และขนานไปตามด้านข้างของลำตัวจากหัวจรดท้าย ลักษณะแบบขั้นบันได (ladder type) เส้นประสาทนี้เชื่อมโยงติดกันด้วยเส้นประสาทที่วนรอบลำตัว แบบวงแหวน (nerve ring) มีแขนงประสาทแยกออกมาเลี้ยงอวัยวะต่างๆ เป็นระยะๆ



ภาพที่ 3 แสดงโครงสร้างภายในของพลานาเรีย

ที่มา : <http://www.rbru.ac.th/courseware/science/4031102>

สรุประบบประสาทของพวกหนอนตัวแบน

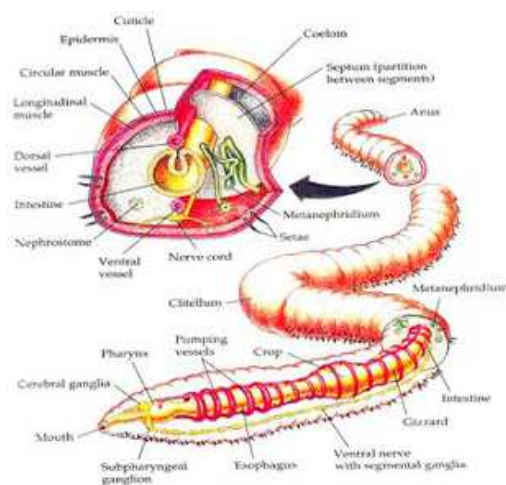
ระบบประสาทแบบวงแหวนมีกลุ่มเซลล์ประสาท (สมอง) บริเวณหัว มีเส้นประสาท 2 เส้น ยาวตลอดลำตัว มีจุดรับแสง 2 จุดบนหัวทำให้บอกทิศทางได้ มีเซลล์ที่ไวต่อการสัมผัสและสารเคมี บางชนิดที่ผิวหนัง

2.1.4 ระบบประสาทของไส้เดือน (earth worm) ไส้เดือนมีระบบประสาทซึ่งประกอบด้วย

1. สมอง (brain) ประกอบด้วยปมประสาท 2 ปมเชื่อมเข้าด้วยกัน จึงมีลักษณะเป็นพู 2 พู มักเรียกว่า ปมประสาทซีรีบรัล (cerebral ganglion) ที่สมองนี้จะมีเส้นประสาทแยกออกไปเลี้ยงอวัยวะต่างๆ รอบๆ ปากและปล้องทางส่วนหน้า

2. ปมประสาทใต้คอหอย (subpharyngeal ganglion) เกิดจากแขนงประสาทที่แยกออกจากสมองแล้วเชื่อมรอบคอหอย (circumpharyngeal commissure) มาบรรจบกันและมีแขนงประสาทเล็กๆ แยกออกไปทางด้านหัวด้วย

3. เส้นประสาทด้านหลัง (ventral nerve cord) เป็นเส้นประสาทหลักแยกออกจากปมประสาทใต้คอหอยไปตลอดความยาวของลำตัวปกติ เป็นเส้นประสาท 2 เส้น มักรวมกันเป็นเส้นประสาท เส้นเดียว ปลายประสาทเส้นนี้จะมีปมประสาทในแต่ละปล้องและมีแขนงประสาท 3-5 คู่ แยกออกไปเลี้ยงอวัยวะต่างๆ ที่อยู่ภายในปล้องด้วย

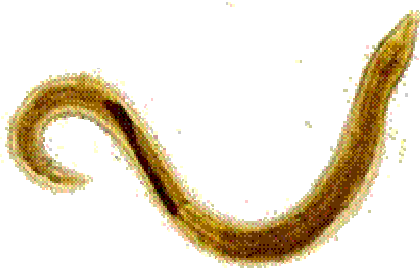


ภาพที่ 4 แสดงโครงสร้างภายในของไส้เดือน

ที่มา : Campbell, Reece and Mitchell, Biology ,1999 : 613

ไส้เดือนมีเซลล์ที่ทำหน้าที่รับสัมผัสแสงเรียกว่า โฟโตรีเซปเตอร์เซลล์ (photoreceptor cell) และเซลล์ที่ทำหน้าที่รับความรู้สึก (sensory cell) ต่างๆ และดมกลิ่น เมื่อไส้เดือนสัมผัสกับแสงมันจึงถอยหนีไป นอกจากนี้ไส้เดือนยังมีปฏิกริยาวิเฟล็กซ์แบบง่าย ๆ โดยเมื่อมีเมือมีอะไรมาถูกตัวมันก็ล้ามน้ำจะหดตัวได้อย่างรวดเร็ว

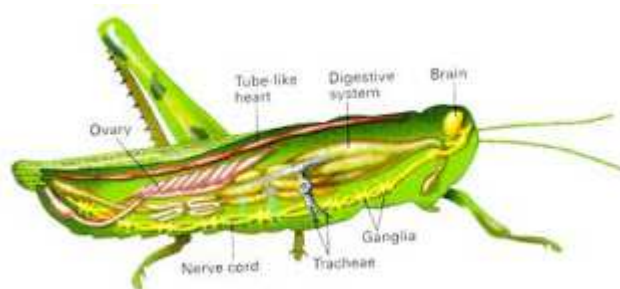
2.1.5 ระบบประสาทของหนอนตัวกลม (roundworm) ระบบประสาทของหนอนตัวกลม ประกอบด้วยสมอง ซึ่งมีลักษณะเป็นปมประสาทรูปวงแหวน (nerve ring) อยู่รอบคอหอย (circumpharyngeal brain) จากปมประสาทรูปวงแหวน จะมีเส้นประสาทแยกออกไปทางด้านบนไปทางด้านหลัง (dorsal nerve cord) ตลอดความยาวของลำตัว และแยกออกไปทางด้านล่าง (ventral nerve cord) ไปตลอดความยาวของลำตัว ที่สมองหรือปมประสาทรูปวงแหวน จะมีแขนงประสาทแยกไปยังอวัยวะรับความรู้สึกต่างๆ ทางส่วนหัวและบริเวณรอบๆ ปาก ช่วยในการสัมผัส



ภาพที่ 5 ลักษณะหนอนตัวกลม

ที่มา : <http://www.rbru.ac.th/courseware/science/4031102>

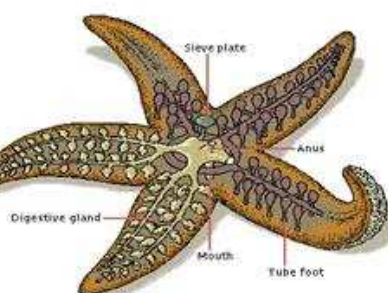
- 2.1.6 ระบบประสาทแมลง (insect) แมลงมีระบบประสาทที่พัฒนาไปมากโดยประกอบด้วย
1. สมอง (brain) เกิดจากปมประสาท 2 ปม รวมกัน มีเส้นประสาทแยกไปเลี้ยงตา (optic nerve) 1 คู่ และไปเลี้ยงหนวด (antennary nerve) 1 คู่
 2. ปมประสาทใต้หลอดอาหาร (sub-esophageal ganglion) เกิดจากการบรรจบกันของเส้นประสาท ที่แยกออกจากสมองแล้วล้อมรอบหลอดอาหาร (circum-esophageal commissure) จากปมประสาทปมนี้ มีแขนงประสาทแยกไปเลี้ยงอวัยวะส่วนปาก เช่น ริมฝีปาก เขี้ยวฟัน เป็นต้น
 3. เส้นประสาททางด้านท้อง (ventral nerve cord) เป็นเส้นประสาทที่แยกออกจากปมประสาทใต้หลอดอาหาร แล้วพาดผ่านทางด้านท้องตลอดความยาวของลำตัวที่ปล้องส่วนอกมีปมประสาทอก (thoracic ganglion) 3 ปม มีเส้นประสาทแยกแขนงไปเลี้ยง ขา ปีก กล้ามเนื้ออกและอวัยวะอื่นๆ บริเวณอกด้วย ที่ปล้องส่วนท้องมีปมประสาทท้อง (abdominal ganglion) 6 ปม แต่ละปมจะมีเส้นประสาทแยกออกไปเลี้ยงอวัยวะต่างๆ ในปล้องนั้น ๆ แมลงมีอวัยวะรับสัมผัสที่พัฒนาไปมากและมีประสิทธิภาพดี เช่น มีตาประกอบ (compound eye) รับภาพและแสงได้ดี อวัยวะรับเสียง (sound receptors) เช่น อวัยวะทิมพานัม (tympanum organ) มีลักษณะเป็นเยื่อรับการสั่นสะเทือนได้ อวัยวะรับรู้สารเคมี (chemoreceptors) เช่น หนวด ปาก ขาเดิน เมื่อแตะกับวัตถุหรือสัมผัสกับสารเคมี จะรับรู้ได้ว่าเป็นสารชนิดใด ควรเข้าหาหรือหนี เป็นต้น



ภาพที่ 6 แสดงโครงสร้างภายในของแมลง

ที่มา : Campbell, Reece and Mitchell, Biology. 1999 : 525

2.1.7 ระบบประสาทของดาวทะเล ดาวทะเล (sea star) มีระบบประสาทที่ประกอบด้วยวงแหวนประสาท (nerve ring) อยู่รอบปาก จากวงแหวนประสาทมีแขนงประสาทแยกออกไปเลี้ยงแขน (arm, radial nerve) ต่างๆ โดยแยกออกไปทางด้านล่างของลำตัว ที่บริเวณผิวลำตัวมีเซลล์ประสาทเชื่อมโยงกันเป็นร่างแห ทำหน้าที่รับสัมผัสและประสาทเชื่อมต่อกัน อวัยวะรับสัมผัสแสงเรียกว่า จุดตา (eye spot) อยู่ที่บริเวณปลายสุดของแขนทุกแขนมีเทินทาเคิล (tentacle) ทำหน้าที่รับสัมผัสสารเคมี นอกจากนี้เท้าท่อ (tube feet) และเหงือกที่ผิวหนัง (dermal branchia) สามารถรับรู้ความรู้สึกได้



ภาพที่ 7 แสดงโครงสร้างภายในของดาวทะเล

ที่มา : <http://www.rbru.ac.th/courseware/science/4031102>

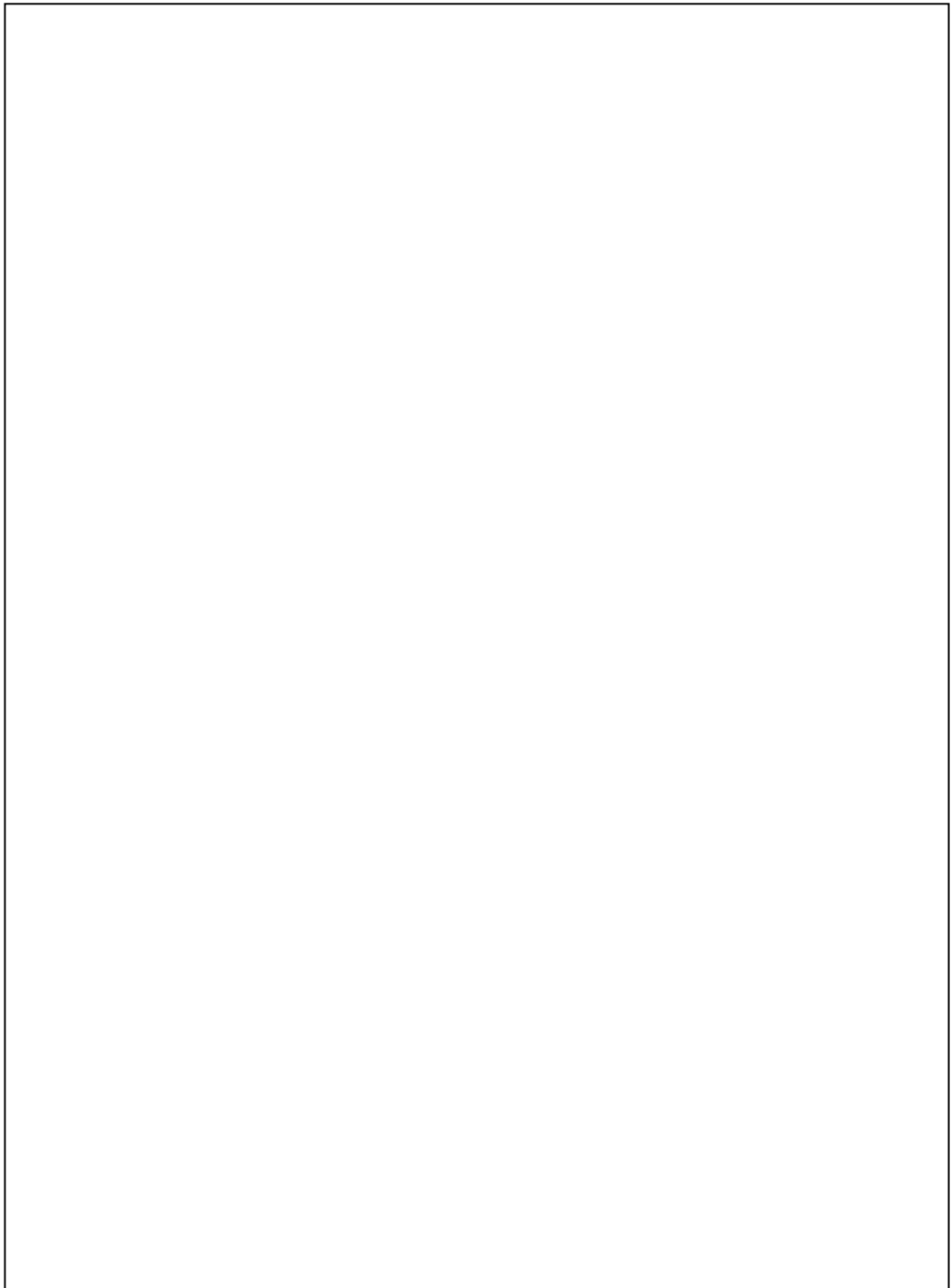
ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

ใบงานที่ 2

เรื่องการนำเสนอผลการทดลองการศึกษารับรู้และตอบสนองต่อสารเคมีของพารามีเซียม

ชื่อ-นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....กลุ่มที่.....

สรุปแนวคิดเรื่องการเรียนรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิต



โรงเรียนกาญจนาภิเษกวิทยาลัย นครปฐม(พระตำหนักสวนกุหลาบมัธยม)
แผนการจัดการเรียนรู้แบบปกติ

วิชา ชีววิทยา

รหัส ว 30242

กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5

หน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ระบบประสาท

เวลา 3 คาบ

หน่วยย่อยการเรียนรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิด

สาระที่ 1 : สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิต

มาตรฐาน ว 1.1 : เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่างๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

สาระที่ 8 : ธรรมชาติของวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี

มาตรฐาน ว 8.1 : ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา ระบุว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอนสามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้อุปกรณ์และเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้นๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคมและสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ผลการเรียนรู้

1. อธิบายการเกี่ยวกับการรับรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตต่างๆ ได้
2. วิเคราะห์ความแตกต่างของเซลล์ประสาทในสิ่งมีชีวิตต่างชนิดได้
3. สามารถตั้งคำถามทางวิทยาศาสตร์ได้
4. สามารถออกแบบการทดลองเพื่อตรวจสอบสมมติฐานได้
5. อธิบายผลการทดลองได้
6. อภิปรายผลการทดลองได้
7. นำเสนอผลจากการทดลองได้
8. ใฝ่เรียนรู้และมีความรับผิดชอบ

สาระสำคัญ

การรับรู้การเปลี่ยนแปลงต่อสภาพแวดล้อมของสิ่งมีชีวิต เข้าใจว่าสิ่งมีชีวิตต่างๆ ในธรรมชาติ มีกลไกการตอบสนองต่อสิ่งเร้า ที่สามารถแสดงให้เห็นถึงการทำงานของระบบประสาทได้ โดยเริ่มจากมีสิ่งเร้ามากระทบหน่วยรับความรู้สึก แล้วอาจจะไปที่หน่วยแปลความรู้สึกก่อนหรือไปที่หน่วยสั่งการได้เลยก็ได้ จากนั้นหน่วยสั่งการจะส่งคำสั่งไปยังหน่วยปฏิบัติงานเพื่อให้เกิดการตอบสนองต่อไป

พารามีเซียมเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ไม่มีเซลล์ประสาท แต่พบว่าสามารถเคลื่อนที่ตอบสนองต่อสิ่งเร้า เช่น แสง ได้จากการพัดโบกของซีเลีย ซึ่งควบคุมการทำงานโคเนลินเยที่เชื่อมระหว่างโคเนซีเลีย ที่เรียกว่า เส้นใยประสานงาน

ในสัตว์ที่ไม่มีกระดูกสันหลัง มีการพัฒนาเป็นระบบประสาทอย่างง่าย เช่น ไฮดรา มีร่างแหประสาท (nerve net) พลานาเลีย เริ่มมีปมประสาท (nerve ganglion) และเส้นประสาทที่เชื่อมกันเป็นวงแหวนประสาท (nerve ring) และในพวกไส้เดือน กุ้ง หอย และแมลง มีปมประสาทขึ้น ทำหน้าที่เป็นสมองอยู่ที่ส่วนหัว นอกจากนี้ยังมีปมประสาทตามปล้องของลำตัวและมีเส้นประสาทเชื่อมปมประสาทระหว่างปล้อง เป็นต้น

กิจกรรมการเรียนรู้การสอน

ขั้นนำ

1. ครูขอให้นักเรียนอาสาสมัครออกมาเล่นเกมสี Color Test โดยการให้นักเรียนระบุสีต่างๆตามการมองเห็นให้ไม่ใช่ตามสีที่ใช้พิมพ์ และถามนักเรียนว่าทำไมนักเรียนบางคนจึงตอบถูก บางคนจึงตอบผิด (แนวคำตอบคือ เป็นผลจากการรับรู้และการตอบสนอง)
2. ครูถามนักเรียนว่าแล้วการรับรู้ต่างๆจากกิจกรรมเกิดขึ้นได้อย่างไร (แนวคำตอบคือเกิดจากการรับรู้ด้วยตาและแปรผลของระบบประสาท)
3. ครูถามนักเรียนว่านักเรียนพอทราบไหมว่าสิ่งมีชีวิตเล็กๆเช่น พารามีเซียม มีการตอบสนองต่อสิ่งแวดล้อมอย่างไร (นักเรียนเริ่มสงสัย)

ขั้นดำเนินการสอน

4. ครูให้ความรู้โดยใช้โปรแกรม PowerPoint
5. ครูให้นักเรียนแบ่งกลุ่มเพื่อทำใบงานพร้อมเฉลยใบงาน
6. ครูให้นักเรียนแต่ละกลุ่มช่วยกันสรุปการศึกษาระบบประสาทของสิ่งมีชีวิตชนิดต่างๆจากใบความรู้

7. ครูให้นักเรียนดูรูป (กิ้งกือ) แล้วถามว่านักเรียนคิดว่าสิ่งมีชีวิตนี้คืออะไร แล้วมีการตอบสนองต่อสิ่งเร้ารอบๆข้างอย่างไรบ้าง (แนวตอบกิ้งกือมีระบบประสาทมีปมประสาทที่หัว 1 คู่ และมีเส้นประสาททางด้านท้อง (Ventral nerve cord) ทอดไปตามความยาวของลำตัว 1 คู่ และมีอวัยวะสัมผัสเจริญดี เช่น ตาเดี่ยว ตาประกอบ หนวด ขาสัมผัส โดยจะใช้ขาจับสัมผัสช่วยในการเคลื่อนที่)

ขั้นสรุป

8. ครูมอบหมายให้นักเรียนสรุปแนวคิดเกี่ยวกับเนื้อหาที่ได้เรียนในวันนี้

สื่อการเรียนการสอน

1. หนังสือเรียนวิชาชีววิทยา 2 ของ สสวท.
2. ภาพของกิ้งกือ
3. แผ่นกระดาษสำหรับเล่นเกมสี color test
4. ใบงานที่ 1 เรื่องการศึกษาการรับรู้และตอบสนองต่อสารเคมีของพารามีเซียม
5. ใบความรู้ที่ 1 เรื่องการรับรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิต
6. แบบฝึกหัดชุดที่ 1 เรื่องการตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิด
7. ใบงานที่ 2 เรื่องการนำเสนอผลการทดลองการศึกษาการรับรู้และตอบสนองต่อสารเคมีของพารามีเซียม

การวัดผลประเมินผล

การวัดผล ประเมินผลด้าน	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การผ่าน
1. ด้านความรู้ความ เข้าใจ	การตอบคำถาม	1.ใบงานที่ 1 เรื่อง การศึกษาการรับรู้และ ตอบสนองต่อสารเคมีของ พารามีเซียม 2.แบบฝึกหัดชุดที่ 1 เรื่อง การตอบสนองของสิ่งมีชีวิต เซลล์เดียวและสัตว์บาง ชนิด 3.ใบงานที่ 2 เรื่องการ นำเสนอผลการทดลอง การศึกษาการรับรู้และ ตอบสนองต่อสารเคมีของ พารามีเซียม	ทำได้ถูกต้อง 60 % ขึ้นไป
2. ด้านทักษะ กระบวนการ	สังเกตจากการปฏิบัติ กิจกรรมในชั้นเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมกร ทำกิจกรรม/ทักษะ วิทยาศาสตร์	ได้คะแนนใน ระดับ 2 ขึ้นไป
3. ด้านคุณลักษณะที่ พึงประสงค์	การสังเกตพฤติกรรมกร เรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมกร ปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม	ได้คะแนนใน ระดับดีขึ้นไป

บันทึกหลังสอน

ผลที่เกิดขึ้นกับผู้เรียน

.....

.....

.....

.....

.....

ปัญหาหรือสิ่งที่ต้องพัฒนา

.....

.....

.....

.....

.....

ข้อเสนอแนะในการพัฒนาแผนการจัดการเรียนรู้

.....

.....

.....

.....

.....

ลงชื่อ

(นางจิรศยา นาคราช)

ครูผู้สอน



กิ้งกืออยู่ในไฟลัมอาร์โทรพอด (Arthropod) โดยมีระบบประสาทที่มีปมประสาทที่หัว 1 คู่ และมีเส้นประสาททางด้านท้อง (Ventral nerve cord) ทอดไปตามความยาวของลำตัว 1 คู่ และมีอวัยวะสัมผัสเจริญดี เช่น ตาเดี่ยว ตาประกอบ หนวด ขาสัมผัส

แบบสังเกตพฤติกรรมการปฏิบัติกิจกรรมกลุ่ม

กลุ่มที่ ชื่อกลุ่ม ชั้น ห้อง

สมาชิก 1. เลขที่ 2. เลขที่ 3. เลขที่
4. เลขที่ 5. เลขที่ 6. เลขที่

ลำดับที่	พฤติกรรม	ครั้งที่ 1		ครั้งที่ 2		ครั้งที่ 3		ครั้งที่ 4		ครั้งที่ 5		ครั้งที่ 6		ครั้งที่ 7		ครั้งที่ 8		ครั้งที่ 9		ครั้งที่ 10				
		4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2	1	4	3	2
1	มีการปรึกษาและวางแผนร่วมกันก่อนทำงาน																							
2	แบ่งหน้าที่อย่างเหมาะสมและสมาชิกทุกคนทำตามหน้าที่																							
3	ปฏิบัติตามตามขั้นตอนและตั้งใจทำงาน																							
4	ให้ความช่วยเหลือกัน																							
5	ร่วมมือกันปรับปรุงและพัฒนางาน																							
6	แสดงความคิดเห็นร่วมกัน																							
7	รับฟังความคิดเห็นผู้อื่น																							
8	มีชีวิตร่วม																							
9	รวมคะแนนแต่ละครั้ง																							
10	หมายเหตุ ข้อเสนอนะ คำแนะนำ																							

เกณฑ์การให้คะแนน	
ปฏิบัติบ่อยและเป็นประจำ	ระดับ 4
ปฏิบัติบ่อย	ระดับ 3
ปฏิบัติบางครั้ง	ระดับ 2
ปฏิบัติน้อยครั้ง	ระดับ 1

เกณฑ์การตัดสินคุณภาพ	
ช่วงคะแนน 29-32	ระดับดีมาก
ช่วงคะแนน 25-28	ระดับดี
ช่วงคะแนน 13-24	ระดับพอใช้
ช่วงคะแนน 1-12	ระดับปรับปรุง

คะแนนรวมเฉลี่ย
คุณภาพอยู่ในระดับ

เกมส์ Color Test

สีชมพู สีแดง สีดำ

สีขาว สีส้ม สีน้ำเงิน

สีม่วง สีเขียว สีเหลือง

ชื่อ-นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....กลุ่มที่.....

ใบงานที่ 1

เรื่อง การศึกษาการรับรู้และตอบสนองต่อสารเคมีของพารามีเซียม

จุดประสงค์การทดลอง

.....

ปัญหา

.....

สมมติฐาน

.....

ตัวแปรต้น

.....

ตัวแปรตาม

.....

วัสดุอุปกรณ์และสารเคมี

.....

วิธีการทดลอง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

ตารางบันทึกผลการทดลอง

ผลการทดลอง

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

สรุปผลการทดลอง

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

อภิปรายผลการทดลอง

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

ใบความรู้

เรื่องการรับรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิต

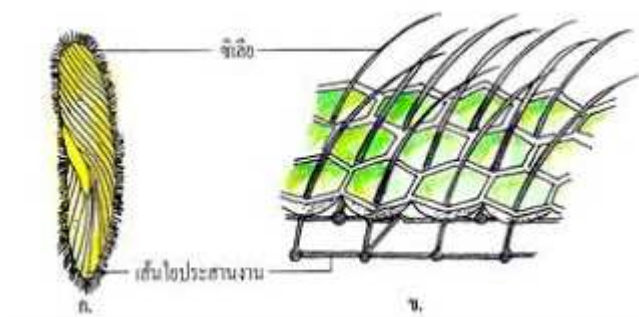
1. การรับรู้และการตอบสนอง

การทำงานของอวัยวะและส่วนต่างๆ ในร่างกายมนุษย์และสัตว์จะดำเนินไปเป็นปกติต้องอาศัยระบบประสานงานระหว่าง ระบบประสาท (nervous system) และระบบต่อมไร้ท่อ (endocrine system) การทำงานของสองระบบนี้ทำหน้าที่ควบคุมและติดต่อประสานงานต่างๆ ของร่างกายจึงเรียกรวมกันว่า ระบบประสานงาน (coordinating system)

โครงสร้างที่สำคัญของระบบประสาท คือ เซลล์ประสาทและอวัยวะสัมผัส และอีกระบบหนึ่งคือ ระบบต่อมไร้ท่อ สร้างสารเคมี เรียกว่า ฮอรโมน ทำหน้าที่สร้างสารกระตุ้นควบคุมการทำงานของร่างกาย ทั้งระบบประสาทและระบบ ต่อมไร้ท่อ ทำหน้าที่ประสานงานให้ร่างกายอยู่ในสภาวะสมดุลได้

2.1 การตอบสนองของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิด

2.1.1 ระบบประสาทของพารามีเซียมประกอบด้วยเส้นใยประสานงาน(Co-ordinating fiber) ซึ่งอยู่ใต้ผิวเซลล์ เชื่อมโยงระหว่างโคนซีเลียแต่ละเส้นทำให้เกิดการประสานงาน การโบกพัดของซีเลียที่อยู่รอบ ๆ ตัว ถ้าหากตัดเส้นใยนี้พบว่า พารามีเซียม ไม่สามารถควบคุมการโบกพัดของซีเลียได้



ภาพที่ 1 แสดง ซีเลียและเส้นใยประสานงานของพารามีเซียม

ที่มา : สสวท. ชีววิทยา เล่ม 3, 2547 : 27

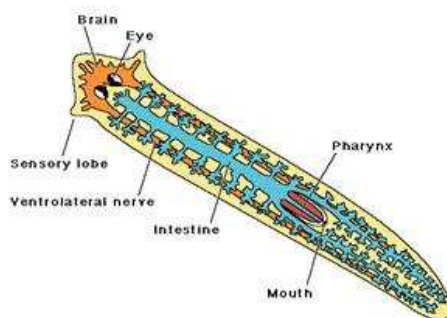
2.1.2 ระบบประสาทของไฮดราไฮดราไม่มีปมประสาท มีเส้นใยประสาท ที่เรียกว่า ร่างแหประสาท (nerve net) มีลักษณะการเชื่อมโยงกันเป็นร่างแห กระจายอยู่รอบตัว เมื่อกระตุ้นจะทำให้ทุกส่วนของร่างกายหดตัว การเคลื่อนที่ของกระแสประสาท ช้ากว่าสัตว์ชั้นสูงมาก และการเคลื่อนที่ของกระแสประสาทไม่มีทิศทางที่แน่นอนคือ กระจายไปได้หลายทาง บริเวณปากและเทินทาเคิล มีเส้นใยประสาทอยู่มากทำให้รับความรู้สึกและตอบสนองได้ดีกว่าบริเวณอื่น



ภาพที่ 2 แสดงระบบประสาทแบบร่างแหประสาทของไฮดรา

ที่มา : <http://www.rbru.ac.th/courseware/science/4031102/lesson7/lesson7.3.html>

2.1.3 ระบบประสาทของหนอนตัวแบน เช่น พลานาเรีย มีปมประสาท 2 ปม อยู่ที่ส่วนหัว เรียกว่า ปมประสาทสมอง (cerebral ganglion) ทำหน้าที่เป็นสมอง ด้านหน้าของสมองมีเส้นประสาทแยกไปยัง อายสปอต (eye spot) เปรียบเสมือนตาของพลานาเรีย ด้านล่างของสมองจะมีเส้นประสาทแยกออกทั้งสองข้างลำตัวข้างละเส้น เรียกว่า เส้นประสาทด้านข้าง (lateral nerve cords) เส้นประสาทคู่นี้ มีเส้นประสาทขวางเป็นระยะๆ เรียกว่า เส้นประสาทตามขวาง (transverse nerve cords) และขนานไปตามด้านข้างของลำตัวจากหัวจรดท้าย ลักษณะแบบขั้นบันได (ladder type) เส้นประสาทนี้เชื่อมโยงติดกันด้วยเส้นประสาทที่วนรอบลำตัว แบบวงแหวน (nerve ring) มีแขนงประสาทแยกออกมาเลี้ยงอวัยวะต่างๆ เป็นระยะๆ



ภาพที่ 3 แสดงโครงสร้างภายในของพลานาเรีย

ที่มา.: <http://www.rbru.ac.th/courseware/science/4031102>

สรุบบระบบประสาทของพวกหนอนตัวแบน

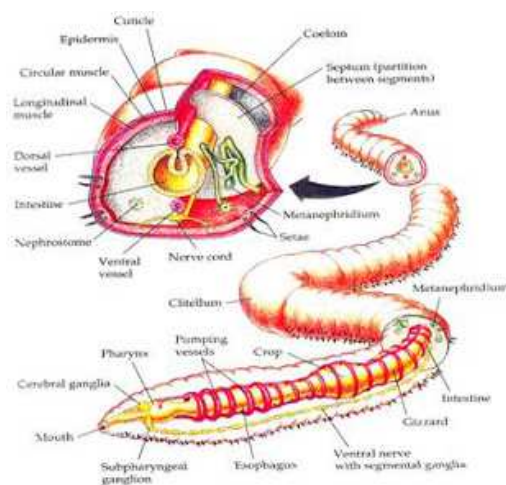
ระบบประสาทแบบวงแหวนมีกลุ่มเซลล์ประสาท (สมอง) บริเวณหัว มีเส้นประสาท 2 เส้น ยาวตลอดลำตัว มีจุดรับแสง 2 จุดบนหัวทำให้บอกทิศทางได้ มีเซลล์ที่ไวต่อการสัมผัสและสารเคมี บางชนิดที่ผิวหนัง

2.1.4 ระบบประสาทของไส้เดือน (earth worm) ไส้เดือนมีระบบประสาทซึ่งประกอบด้วย

1. สมอง (brain) ประกอบด้วยปมประสาท 2 ปมเชื่อมเข้าด้วยกัน จึงมีลักษณะเป็นพู 2 พู มักเรียกว่า ปมประสาทซีรีบรัล (cerebral ganglion) ที่สมองนี้จะมีเส้นประสาทแยกออกไปเลี้ยงอวัยวะต่างๆ รอบๆ ปากและปล้องทางส่วนหน้า

2. ปมประสาทใต้คอหอย (subpharyngeal ganglion) เกิดจากแขนงประสาทที่แยกออกจากสมองแล้วเชื่อมรอบคอหอย (circumpharyngeal commissure) มาบรรจบกันและมีแขนงประสาทเล็กๆ แยกออกไปทางด้านหัวด้วย

3. เส้นประสาทด้านท้อง (ventral nerve cord) เป็นเส้นประสาทหลักแยกออกจากปมประสาทใต้คอหอยไปตลอดความยาวของลำตัวปกติ เป็นเส้นประสาท 2 เส้น มักรวมกันเป็นเส้นประสาท เส้นเดียว ปลายประสาทเส้นนี้จะมีปมประสาทในแต่ละปล้องและมีแขนงประสาท 3-5 คู่ แยกออกไปเลี้ยงอวัยวะต่างๆ ที่อยู่ในปล้องด้วย



ภาพที่ 4 แสดงโครงสร้างภายในของไส้เดือน

ที่มา : Campbell, Reece and Mitchell, Biology ,1999 : 613

ไส้เดือนมีเซลล์ที่ทำหน้าที่รับสัมผัสแสงเรียกว่า โฟโตรีเซปเตอร์เซลล์ (photoreceptor cell) และเซลล์ที่ทำหน้าที่รับความรู้สึก (sensory cell) ต่างๆ และดมกลิ่น เมื่อไส้เดือนสัมผัสกับแสงมันจึงถอยหนีไป นอกจากนี้ไส้เดือนยังมีปฏิกริยาวิเฟล็กซ์แบบง่าย ๆ โดยเมื่อมีเมือมีอะไรมาถูกตัวมันก็กล้ามเนื้อจะหดตัวได้อย่างรวดเร็ว

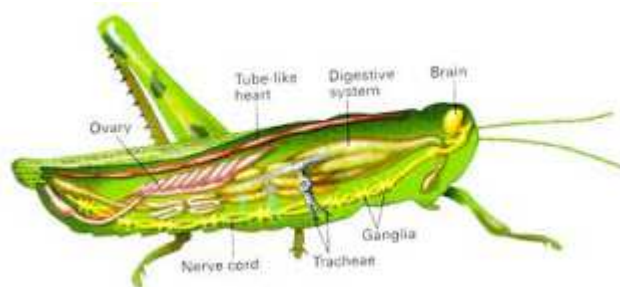
2.1.5 ระบบประสาทของหนอนตัวกลม (roundworm) ระบบประสาทของหนอนตัวกลมประกอบด้วยสมอง ซึ่งมีลักษณะเป็นปมประสาทรูปวงแหวน (nerve ring) อยู่รอบคอหอย (circumpharyngeal brain) จากปมประสาทรูปวงแหวน จะมีเส้นประสาทแยกออกไปทางด้านบนไปทางด้านหลัง (dorsal nerve cord) ตลอดความยาวของลำตัว และแยกออกไปทางด้านล่าง (ventral nerve cord) ไปตลอดความยาวของลำตัว ที่สมองหรือปมประสาทรูปวงแหวนจะมีแขนงประสาทแยกไปยังอวัยวะรับความรู้สึกต่างๆ ทางส่วนหัวและบริเวณรอบๆ ปาก ช่วยในการรับสัมผัส



ภาพที่ 5 ลักษณะหนอนตัวกลม

ที่มา : <http://www.rbru.ac.th/courseware/science/4031102>

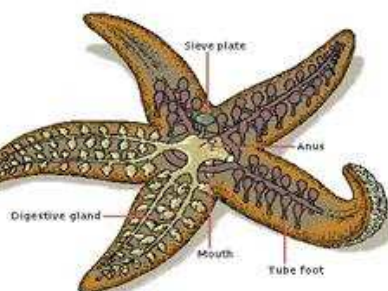
- 2.1.6 ระบบประสาทแมลง (insect) แมลงมีระบบประสาทที่พัฒนาไปมากโดยประกอบด้วย
1. สมอง (brain) เกิดจากปมประสาท 2 ปม รวมกัน มีเส้นประสาทแยกไปเลี้ยงตา (optic nerve) 1 คู่ และไปเลี้ยงหนวด (antennary nerve) 1 คู่
 2. ปมประสาทใต้หลอดอาหาร (sub-esophageal ganglion) เกิดจากการบรรจบกันของเส้นประสาท ที่แยกออกจากสมองแล้วล้อมรอบหลอดอาหาร (circum-esophageal commissure) จากปมประสาทปมนี้ มีแขนงประสาทแยกไปเลี้ยงอวัยวะส่วนปาก เช่น ริมฝีปาก เขี้ยวฟัน เป็นต้น
 3. เส้นประสาททางด้านท้อง (ventral nerve cord) เป็นเส้นประสาทที่แยกออกจากปมประสาทใต้หลอดอาหาร แล้วพาดผ่านทางด้านท้องตลอดความยาวของลำตัวที่ปล้องส่วนอกมีปมประสาทอก (thoracic ganglion) 3 ปม มีเส้นประสาทแยกแขนงไปเลี้ยง ขา ปีก กล้ามเนื้ออกและอวัยวะอื่นๆ บริเวณอกด้วย ที่ปล้องส่วนท้องมีปมประสาทท้อง (abdominal ganglion) 6 ปม แต่ละปมจะมีเส้นประสาทแยกออกไปเลี้ยงอวัยวะต่างๆ ในปล้องนั้น ๆ แมลงมีอวัยวะรับสัมผัสที่พัฒนาไปมากและมีประสิทธิภาพดี เช่น มีตาประกอบ (compound eye) รับภาพและแสงได้ดี อวัยวะรับเสียง (sound receptors) เช่น อวัยวะทิมพานัม (tympanum organ) มีลักษณะเป็นเยื่อรับการสั่นสะเทือนได้ อวัยวะรับรู้สารเคมี (chemoreceptors) เช่น หนวด ปาก ขาเดิน เมื่อแตะกับวัตถุหรือสัมผัสกับสารเคมี จะรับรู้ได้ว่าเป็นสารชนิดใด ควรเข้าหาหรือหนี เป็นต้น



ภาพที่ 6 แสดงโครงสร้างภายในของแมลง

ที่มา : Campbell, Reece and Mitchell, Biology. 1999 : 525

2.1.7 ระบบประสาทของดาวทะเล ดาวทะเล (sea star) มีระบบประสาทที่ประกอบด้วยวงแหวนประสาท (nerve ring) อยู่รอบปาก จากวงแหวนประสาทมีแขนงประสาทแยกออกไปเลี้ยงแขน (arm, radial nerve) ต่างๆ โดยแยกออกไปทางด้านล่างของลำตัว ที่บริเวณผิวลำตัวมีเซลล์ประสาทเชื่อมโยงกันเป็นร่างแห ทำหน้าที่รับสัมผัสและประสาทเชื่อมต่อกัน อวัยวะรับสัมผัสแสงเรียกว่า จุดตา (eye spot) อยู่ที่บริเวณปลายสุดของแขนทุกแขนมีเทนท์ทาเคิล (tentacle) ทำหน้าที่รับสัมผัสสารเคมี นอกจากนี้เท้าท่อ (tube feet) และเหงือกที่ผิวหนัง (dermal branchia) สามารถรับรู้ความรู้สึกได้



ภาพที่ 7 แสดงโครงสร้างภายในของดาวทะเล

ที่มา : <http://www.rbru.ac.th/courseware/science/4031102>

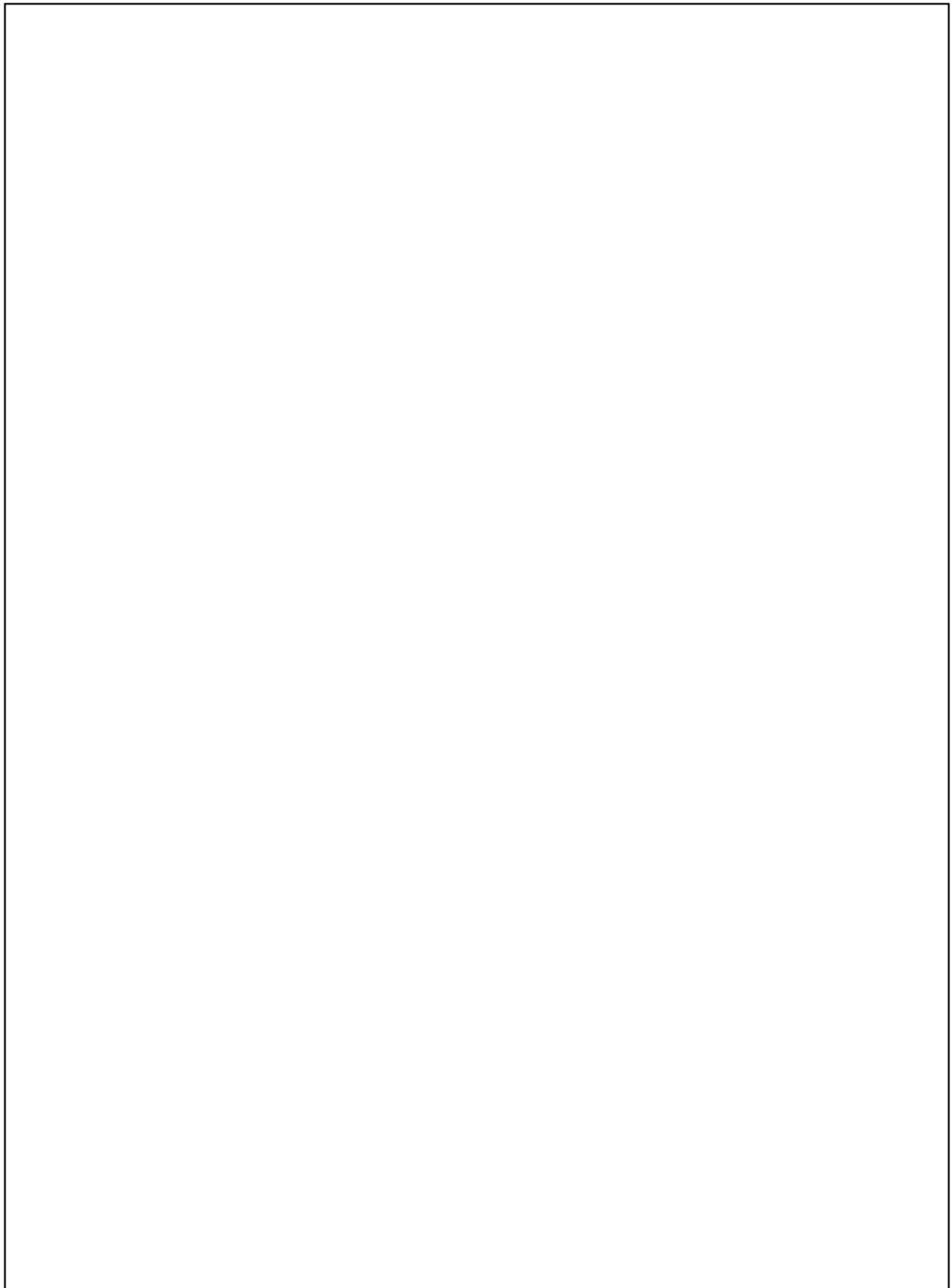
ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

ใบงานที่ 2

เรื่อง การนำเสนอผลการทดลองการศึกษารับรู้และตอบสนองต่อสารเคมีของพารามีเทียม

ชื่อ-นามสกุล.....ชั้น.....เลขที่.....กลุ่มที่.....

สรุปแนวคิดเรื่องการเรียนรู้และการตอบสนองของสิ่งมีชีวิต



ชื่อ-สกุล.....ชั้น.....เลขที่.....

แบบวัดแนวคิดเรื่องระบบประสาท

คำชี้แจงสำหรับนักเรียน : ให้นักเรียนอ่านคำถามและเขียนคำตอบลงในกระดาษ

1. ไฮดร่า ดาวทะเล พลานาเลีย ไส้เดือน และแมลง มีระบบประสาทเหมือนกันหรือต่างกันอย่างไร

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

2. จากการศึกษาวิวัฒนาการของสมอง ของสิ่งมีชีวิตดังต่อไปนี้คือ ฉลาม กบ จระเข้ ห่าน และสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม มีลักษณะขนาดของ สมองส่วนหน้า สมองส่วนกลาง และสมองส่วนท้าย แตกต่างกันอย่างไร ให้นักเรียนอธิบายความแตกต่างของสมองของสัตว์ทั้ง 5 ชนิด

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

3. ให้นักเรียนวาดรูปแสดงลักษณะรูปร่าง และส่วนประกอบของเซลล์ประสาท รวมทั้งบอกหน้าที่ของส่วนต่างๆเหล่านั้น ตามความเข้าใจของนักเรียน

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

4. นักเรียนคิดว่าเซลล์ประสาททุกเซลล์มีรูปร่างเหมือนกันหรือไม่อย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

5. การเกิดกระแสประสาทมีกระบวนการหรือกลไกในการเกิดอย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

6. การนำกระแสประสาทภายในเส้นประสาทจะมีกลไกการเกิดอย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

7. นักเรียนคิดว่าการนำกระแสประสาทภายในเส้นใยประสาทมีอัตราเร็วเท่ากันทุกเส้นหรือไม่ และคิดว่าปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่ออัตราเร็วในการนำกระแสประสาท และมีอย่างไร จงอธิบาย

.....

.....

.....

.....

.....

10. นักเรียนคิดว่าระบบประสาทรอบนอกของมนุษย์มีโครงสร้างประกอบด้วยอะไรบ้างและมีหน้าที่สำคัญอย่างไรจงอธิบาย

.....

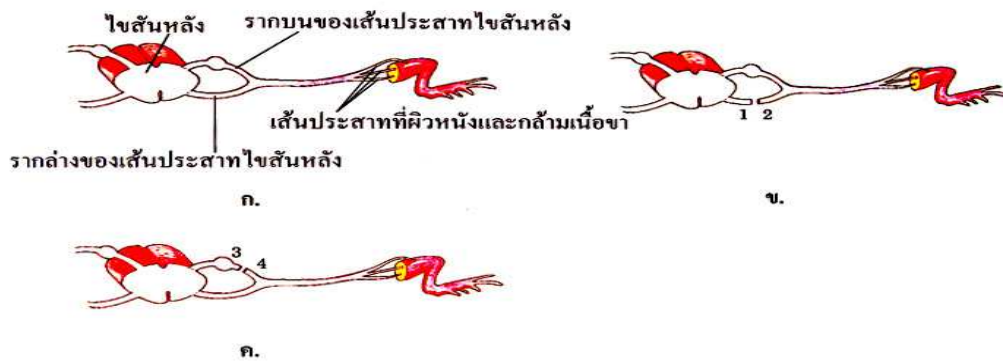
.....

.....

.....

.....

11. จากรูป ก. เมื่อเอาเข็มแทงขาบแล้วกบหดขาหนี รูป ข. และ ค. มีการตัดเส้นประสาทไขสันหลังตามรูปที่กำหนด



ที่มา: <http://www.vcharkam.com/lesson/1274>

นักเรียนคิดว่าจากรูป ข. และ ค. เมื่อเอาเข็มแทงที่บริเวณเดิมเหมือนในรูปภาพ ก. กบจะเกิดการตอบสนองอย่างไร โดยให้เหตุผลประกอบด้วยว่าเหตุใดกบจึงมีการตอบสนองเช่นนั้น

.....

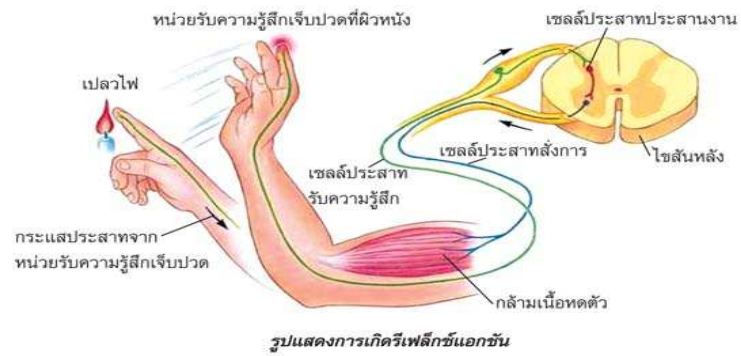
.....

.....

.....

.....

12.



ที่มา: <http://www.maceducation.com/e-knowledge/2414208130/01.htm>

จากภาพนักเรียนคิดว่า จะเกิดการตอบสนองกลไกอย่างไร และให้อธิบายกลไกการตอบสนองนั้น

.....

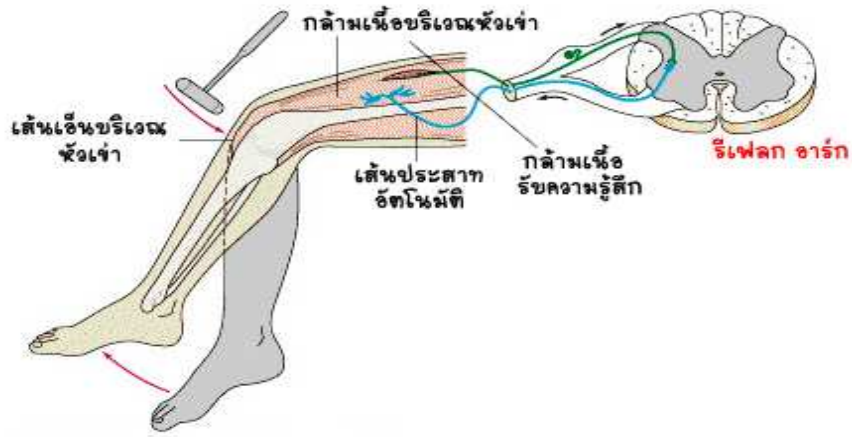
.....

.....

.....

.....

13.



ที่มา: http://www.myfirstbrain.com/student_view.aspx?ID=74726

จากภาพนักเรียนคิดว่า จะเกิดการตอบสนองต่อกลไกอย่างไร และให้อธิบายกลไกการตอบสนองนั้น

.....

.....

.....

.....

.....

14. ในกรณีที่มีผู้ป่วยคนหนึ่งมาพบหมอซึ่งพบว่าการวินิจฉัยโรคนี้คุณหมอต้องทำการเจาะเอาน้ำไขสันหลังของผู้ป่วยไปตรวจ ถ้านักเรียนเป็นคุณหมอนักเรียนคิดว่า จะเจาะที่บริเวณใด เพราะเหตุใด

.....

.....

.....

.....

4. จากผลการทดลองดังกล่าว นักเรียนจะอภิปรายผลจากการทดลองได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. ถ้านักเรียนเป็นผู้ทำการทดลองดังกล่าวและได้รับมอบหมายให้นำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียน นักเรียนจะแสดงผลการทดลองอย่างไร จงแสดง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

4. จากผลการทดลองดังกล่าว นักเรียนจะอภิปรายผลจากการทดลองได้อย่างไร

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

5. ถ้านักเรียนเป็นผู้ทำการทดลองดังกล่าวและได้รับมอบหมายให้นำเสนอผลการทดลองหน้าชั้นเรียน นักเรียนจะแสดงผลการทดลองอย่างไร จงแสดง

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....

.....
