ผลการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

พรพิมล คงเจริญสุข

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
พฤษภาคม 2561
ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ พรพิมล คงเจริญสุข ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก

(ดร.จันทร์พร พรหมมาศ)

....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม

(ดร.สมศิริ สิงห์ลพ)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

....ประธาน

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.รุ่ง เจนจิต)

....กรรมการ

(ดร.จันทร์พร พรหมมาศ)

....กรรมการ

(ดร.สมศิริ สิงห์ลพ)

....กรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.วรากร ทรัพย์วิระปกรณ์)

คณะศึกษาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

....คณบดีคณะศึกษาศาสตร์

(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชิต สุรัตน์เรืองชัย)

วันที่...23...เดือน...พฤษภาคม...พ.ศ. 2561

งานวิจัยนี้ได้รับทุนการศึกษาจาก
โครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.)
ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาธิการ

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลุล่วงไปด้วยดีด้วยความกรุณาอย่างสูงยิ่งจากอาจารย์ที่ปรึกษาหลัก ดร.จันทร์พร พรหมมาศ และอาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ดร.สมศิริ สิงห์ลพ ที่กรุณาให้คำปรึกษา แนะแนวทางในการดำเนินงาน ตรวจแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ทั้งยังคอยให้กำลังใจ และดูแลเอาใจใส่ด้วยดีเสมอมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอขอบพระคุณ ประธานสอบวิทยานิพนธ์ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ที่ได้สละเวลามาร่วมสอบวิทยานิพนธ์รวมทั้งให้ข้อเสนอแนะ เพื่อปรับปรุงวิทยานิพนธ์ให้สมบูรณ์มากขึ้น และอาจารย์ ดร.สมพงษ์ ปั้นหุ่น อาจารย์ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา อาจารย์ ดร.สาลินี ขจรพิสิษฐ์ศักดิ์ อาจารย์จำเนียร ตั่นไพบูลย์ และอาจารย์ศิวพร ศรีจรัญ ที่ได้ให้ความอนุเคราะห์เสียสละเวลาในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ พร้อมทั้งให้คำแนะนำแก้ไขข้อบกพร่องต่าง ๆ ส่งผลให้วิทยานิพนธ์ฉบับนี้มีความถูกต้อง และสมบูรณ์มากยิ่งขึ้น

ขอขอบพระคุณผู้อำนวยการสถานศึกษา คณะครู โรงเรียนชลกันยานุกูล จังหวัดชลบุรี ที่ให้ความอนุเคราะห์ในการหาคุณภาพเครื่องมือ และเก็บข้อมูลในการวิจัยครั้งนี้ และขอขอบคุณนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2560 ที่ให้ความร่วมมือตลอดระยะเวลาดำเนินการวิจัย

ขอขอบพระคุณ โครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) กระทรวงศึกษาการที่สนับสนุนการศึกษาจนจบการศึกษา และเพื่อนนิสิตระดับบัณฑิตศึกษาสาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ทุกท่านที่ได้ให้กำลังใจ และความช่วยเหลือซึ่งกันและกันมาตลอด

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตา แด่บิดานายประดิษฐ คงเจริญสุข และมารดานางประกอบ คงเจริญสุข รวมทั้งครู อาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่าน ที่ได้อบรมสั่งสอน ช่วยเหลือสนับสนุน และเป็นกำลังใจที่ดีมาโดยตลอด

พรพิมล คงเจริญสุข

58910252: สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์; กศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์)

คำสำคัญ: การเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้/ การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์/ การให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ/ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา/ มโนทัศน์ชีววิทยา

พรพิมล คงเจริญสุข: ผลการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาและมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 (EFFECTS OF USING LEARNING CYCLE APPROACH INTEGRATED WITH SCIENTIFIC ARGUMENTATION ON THE INFORMAL REASONING ABILITY, BIOLOGY ACHIEVEMENT, AND BIOLOGY CONCEPTS OF MATTAYOMSUKSA FOUR STUDENTS) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: จันทร์พร พรหมมาศ, ค.ด., สมศิริ สิงห์ลพ, กศ.ด.,173 หน้า, ปี พ.ศ. 2561.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อศึกษาผลการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และมโนทัศน์ชีววิทยา เป็นการวิจัยเชิงการทดลองเบื้องต้น คือ ศึกษาผลของความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาทั้งก่อนเรียนและหลังเรียน ซึ่งในระหว่างดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยได้ศึกษาผลพัฒนาการเรียนรู้จากแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา โดยยึดตามแนวทางการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ปีการศึกษา 2560 โรงเรียนชลกันยานุกูล จำนวน 35 คน เครื่องมือ ได้แก่ แผนการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา สถิติที่ใช้ ได้แก่ ร้อยละ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และการทดสอบความแตกต่างของคะแนนเฉลี่ยก่อนและหลังเรียน (*t*-test) แบบ Dependent sample ผลวิจัยสรุปได้ว่า

1. ความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ หลังเรียนสูงขึ้นจากระดับปานกลางไปสู่ระดับสูง

58910252: MAJOR: SCIENCE TEACHING; M.Ed. (SCIENCE TEACHING)

KEY WORDS: LEARNING CYCLE APPROACH/ SCIENTIFIC ARGUMENTATION/ THE INFORMAL REASNONING/ BIOLOGY ACHIEVEMENT/ BIOLOGY CONCEPTS

PORNPIMON KONGCHAROENSUK: EFFECTS OF USING LEARNING CYCLE APPROACH INTEGRATED WITH SCIENTIFIC ARGUMENTATION ON THE INFORMAL REASONING ABILITY, BIOLOGY ACHIEVEMENT, AND BIOLOGY CONCEPTS OF MATTAYOMSUKSA FOUR STUDENTS. ADVISORY COMMITTEE: CHANPHORN PROMMAS, Ph.D., SOMSIRI SINGLOP, Ed.D. 173, P. 2018.

The purposes of this research were to study effects of using learning cycle approach integrated with scientific argumentation on the informal reasoning ability, Biology achievement, and Biology concepts. The research employed a pre-experimental design of the informal reasoning ability, Biology achievement, and the development scores for the classroom action research from Biology concepts. The samples were 35 students who studied in Mattayomsuksa four students at Chonkanyanukool school of the academic year 2017. The research instruments were 1) the lesson plans which used the learning cycle approach integrated with scientific argumentation, 2) the informal reasoning ability tests, 3) Biology achievement tests, and 4) Biology concepts tests. The statistics for data analysis were percentage, mean, standard deviation, and *t*-test with dependent sample. The research results were as follows;

1. The informal reasoning ability scores of students after using learning cycle approach integrated with scientific argumentation was significantly higher than the pretest scores at the .05 level.

2. Biology achievement scores of students after using learning cycle approach integrated with scientific argumentation was significantly higher than the pretest scores at the .05 level.

3. After using learning cycle approach integrated with scientific argumentation, students developed Biology concepts from moderate to high level.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย...	จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ...	ฉ
สารบัญ..	ช
สารบัญตาราง..	ฌ
สารบัญภาพ...	ฎ
บทที่	
1 บทนำ..	1
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา..	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย..	4
สมมติฐานของการวิจัย..	4
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย..	5
ขอบเขตของการวิจัย...	5
กรอบแนวคิดในการวิจัย...	6
นิยามศัพท์เฉพาะ...	6
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง...	8
หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์................	8
การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์..	11
ทฤษฎีพัฒนาการทางพุทธิปัญญาของเพียเจต์......................................	16
การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนววงจรการเรียนรู้............................	19
การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์..	26
ความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ................................	36
ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา..	41
มโนทัศน์ชีววิทยา...	46
การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน...	51
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง..	56

สารบัญ (ต่อ)

บทที่		หน้า
3	วิธีดำเนินการวิจัย	68
	ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง	68
	แบบการวิจัย	68
	เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	69
	วิธีดำเนินการทดลอง	79
	การวิเคราะห์ข้อมูล	80
	สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	80
4	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	86
	สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล	86
	การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล	86
	ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	86
5	สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ	89
	สรุปผลการวิจัย	90
	อภิปรายผลการวิจัย	90
	ข้อเสนอแนะ	96
บรรณานุกรม		97
ภาคผนวก		109
	ภาคผนวก ก	110
	ภาคผนวก ข	116
	ภาคผนวก ค	151
	ภาคผนวก ง	166
ประวัติย่อของผู้วิจัย		173

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
1	จุดประสงค์การเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วิชาชีววิทยา เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย…………………………………	9
2	การเปรียบเทียบแนวคิดของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนววงจรการเรียนรู้………………………………………………………………………	24
3	การเปรียบเทียบองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์……………….……	30
4	การเปรียบเทียบแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์…………………………………………………………………	33
5	การเปรียบเทียบบทบาทของครู และนักเรียนในการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์………………………………………	35
6	การเปรียบเทียบประเภทของการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ…………………	39
7	การสร้างคำถามปลายเปิด เพื่อประเมินความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการตามแนวคิดของวูและไช่…………………………………………	40
8	การเปรียบเทียบแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน………………………………………………………	55
9	การวิจัยเชิงการทดลองเบื้องต้น แบบ One group pretest-posttest design…	68
10	การวิเคราะห์เนื้อหา และระดับพฤติกรรมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย………………………	74
11	ผลของความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์……………………………………	87
12	ผลของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์………………………………………………………	87
13	ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการเรียนการสอนที่ 1 เรื่อง การแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์………………………………………………	152

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่		หน้า
14	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการและข้อคำถาม ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ……………………………………………………………...........	154
15	ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*r*) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ…….....	155
16	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้และข้อคำถาม ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา…….………...………	156
17	ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*r*) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา………….………….…	159
18	ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้และข้อคำถาม ของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา………………………………..............	161
19	ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*r*) ของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา…………………………………...…...	164
20	คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4………………	167
21	คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4…………………………….....	169
22	คะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4	171

สารบัญภาพ

ภาพที่		หน้า
1	แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์…….	34
2	วงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนของเคมมิสและแมคเทกการ์ท………...	52
3	วงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนของเฟอเรนซ์……………………………..	53
4	วงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนของโรงเรียนแมดิสัน ………….…………	54
5	แผนภูมิคะแนนมโนทัศน์ชีววิทยา หลังได้รับการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์…………………………..…………	88

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

การศึกษามีความสำคัญต่อประเทศชาติ เพราะการศึกษาเป็นเครื่องมือในการพัฒนาคนและนวัตกรรม ที่ส่งผลต่อการขับเคลื่อนเศรษฐกิจของประเทศ ดังที่ระบุในแผนพัฒนาการศึกษา กระทรวงศึกษาธิการฉบับที่ 12 (2560) ไว้ว่า “การศึกษาสร้างคน คนสร้างชาติ” ทั้งนี้วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีเอง นับว่ามีส่วนสำคัญทั้งต่อคนและประเทศเช่นเดียวกัน เพราะมีความเกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันของทุกคนโดยตรง อีกทั้งเป็นความรู้ที่ใช้ในการผลิตนวัตกรรมหรือเทคโนโลยีที่สร้างรายได้ให้กับประเทศ การวางรากฐานด้านวิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยีจึงต้องเริ่มที่การศึกษาในโรงเรียน เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนไทยมีความรู้ความสามารถทัดเทียมกับนานาประเทศได้ ดังนั้นการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ต้องเน้นให้นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ค้นคว้า และหาความรู้ได้ด้วยตนเอง (Sund & Trowbride, 1973, pp. 2-3) ครูควรคำนึงว่าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มีหลักสำคัญ คือ นักเรียนได้เรียนรู้อย่างเข้าใจ และสามารถนำความรู้ไปใช้ในชีวิตประจำวันได้ เป็นการเรียนรู้อย่างมีความหมาย และมีความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ เกิดทักษะที่สำคัญในการดำเนินชีวิต พร้อมทั้งเกิดความกระตือรือร้นในการคิดและค้นหาความรู้ได้ด้วยตนเอง (จันทร์พร พรหมมาศ, 2558, หน้า 1)

ตลอดเวลาที่ผ่านมา นักการศึกษาได้พัฒนาแนวทางการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์เพื่อให้เกิดประสิทธิภาพมาโดยตลอด แนวทางหนึ่งที่เป็นที่ยอมรับ และมีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง คือ การเรียนการสอนแบบสืบสอบ (Inquiry-based instruction) ซึ่งเป็นการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ค้นคว้าหาความรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติ คิด วิเคราะห์ ผ่านกระบวนการทำงานแบบนักวิทยาศาสตร์ (The national science education standard, 1996, p. 23) แนวทางการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบที่เป็นที่ยอมรับ และสามารถนำมาใช้ในการเรียนการสอนได้อย่างมีประสิทธิภาพแนวทางหนึ่ง คือ การเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ (The learning cycle) ซึ่งเปิดโอกาสให้นักเรียนทำการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้เข้าใจเกี่ยวกับการทำงาน และวิธีคิดของนักวิทยาศาสตร์ได้ดียิ่งขึ้น ซึ่งนักเรียนสามารถควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง สร้างมโนทัศน์ พัฒนาแบบแผนการให้เหตุผล และสามารถใช้วิธีการต่าง ๆ เพื่อตั้งคำถาม ตั้งสมมติฐาน ทำนายและสรุปผล ตลอดจนมีโอกาสนำเสนอความรู้ และความคิดเห็นของตนที่มีผ่านการโต้แย้งได้ (Lawson, 1991, p. 107 อ้างถึงใน ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2554, หน้า 64)

โรเบิร์ต อี คาร์พลัส (Robert E. Karplus, 1977) ได้นำแนวคิดวงจรการเรียนรู้มาพัฒนาเป็นแนวการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ และต่อมามีการพัฒนาอย่างต่อเนื่อง ดังเช่น อาบรัสคาโต (Abruscato, 2004) แคมป์เบล (Campbell,1982) ลอว์สัน (Lawson, 1995) และมาเรค (Marek, 2008) ที่ศึกษาวิจัยเกี่ยวกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนววงจรการเรียนรู้มี 3 ขั้นตอน คือ ขั้นการศึกษาสำรวจ เป็นขั้นที่นักเรียนลงมือปฏิบัติ หรือทดลองผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อได้มาซึ่งมโนทัศน์เบื้องต้น ต่อมาขั้นการสร้างความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนนำมโนทัศน์เบื้องต้นจากการสำรวจมาจัดลำดับ และเชื่อมโยงความรู้จนเกิดเป็นมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องร่วมกัน และขั้นการนำความรู้ไปใช้ เป็นขั้นที่นักเรียนต้องลงมือปฏิบัติอีกครั้ง เพื่อนำมโนทัศน์ที่ได้ไปประยุกต์กับสถานการณ์ใหม่ ดังที่ มาเรคและเมทเว็น (Marek & Methven, 1991, p. 109) พบว่านักเรียนมีคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น หลังได้รับการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ สอดคล้องกับ จันทร์พร พรหมมาศ (2541) ที่ได้ศึกษาการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ พบว่าส่งผลต่อการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ สามารถพัฒนามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทั้งนี้การเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ นอกจากเปิดโอกาสให้นักเรียนได้สร้างความรู้จากการลงมือปฏิบัติแล้ว ยังเปิดโอกาสให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น พร้อมส่งเสริมให้มีการโต้แย้ง และแสดงให้เหตุผลด้วยตนเอง (Lawson, 1995, p. 137) ซึ่งคุณลักษณะสำคัญของนักเรียนตามมาตรฐานผู้รู้วิทยาศาสตร์ประเทศสหรัฐอเมริกาในยุคใหม่ คือ นักเรียนต้องสามารถวางแผน ตรวจสอบ วิเคราะห์ ตีความข้อมูล สร้างคำอธิบายพร้อมการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ด้วยหลักฐานที่น่าเชื่อถือ และยอมรับได้ (Next generation science standard, 2013 อ้างถึงใน ศศิเทพ ปิติพรเทพิน, 2558, หน้า 132)

การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (Scientific argumentation) เป็นการแสดงออกของแต่ละบุคคลด้วยการโต้ตอบต่อผู้อื่น เมื่อมีความเห็นที่คล้อยตามหรือไม่เห็นด้วยต่อประเด็นที่กำลังอภิปรายร่วมกัน ผ่านการนำเสนอข้อมูลในรูปข้อกล่าวอ้าง (Claim) หลักฐาน (Evidence) และการให้เหตุผล (Reasoning) เพื่ออธิบายหรือพิสูจน์แย้งตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จนได้ข้อสรุปที่เป็นมโนทัศน์ร่วมกัน (Llewellyn, 2013, pp. 19-21) ทั้งนี้องค์ประกอบการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ มีความสอดคล้องกับแนวคิดการรู้วิทยาศาสตร์ด้านการนำความรู้ไปใช้ (NESE, 1996 อ้างถึงใน ศศิเทพ ปิติพรเทพิน, 2558, หน้า 18) ที่ระบุไว้ว่า นักเรียนต้องสามารถโต้แย้งและประเมินข้อโต้แย้ง โดยอาศัยพยานหลักฐาน การให้เหตุผล และการยืนยันข้อมูล จากการเชื่อมโยงความรู้ สร้างความสัมพันธ์ให้มีความสอดคล้องกันอย่างน่าเชื่อถือ ซึ่งการให้เหตุผล ยังเป็นองค์ประกอบสำคัญอย่างหนึ่งที่สอดคล้องกับคุณลักษณะการประเมินการรู้วิทยาศาสตร์ตาม

โครงการ PISA ด้านสมรรถนะทางวิทยาศาสตร์ ที่ระบุไว้ว่านักเรียน ต้องสามารถใช้ความรู้วิทยาศาสตร์สร้างคำอธิบายที่เป็นปรากฏการณ์ทางวิทยาศาสตร์อย่างสมเหตุสมผลได้ (PISA, 2015 อ้างถึงใน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) สอดคล้องกับผลการศึกษาของ สันติชัย อนุวรชัย (2553) และอรยา แจ่มใจ (2557) ที่พบว่าการเรียนการสอนแบบสืบสอบร่วมกับวิธีการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ สามารถส่งผลให้นักเรียนสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์เกี่ยวกับการให้เหตุผลในระดับดี

จากการศึกษาแนวโน้มผลการประเมินระดับประเทศของนักเรียนไทย พบว่าที่ผ่านมาการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ยังไม่ประสบความสำเร็จหรือเป็นที่น่าพอใจมากนัก แสดงให้เห็นว่าตัวนักเรียนเองยังมีการเรียนรู้ไม่ดีพอ ซึ่งสอดคล้องกับผลประเมินการศึกษาจากระดับนานาชาติที่จัดสอบโดย Organization for economic co-operation and development (OEDC) ในปี ค.ศ. 2009 2012 และ 2015 ที่พบว่านักเรียนไทยมีแนวโน้มของคะแนนวิทยาศาสตร์ต่ำกว่าค่าเฉลี่ยมาโดยตลอดของการทดสอบ คือ 425 (ค่าเฉลี่ย 501) 444 (ค่าเฉลี่ย 494) และ 421 (ค่าเฉลี่ย 493) ตามลำดับ (PISA, 2015 อ้างถึงใน สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี, 2560) นอกจากนี้ผลการทดสอบทางการศึกษาระดับชาติขั้นพื้นฐาน (O-NET) ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายในวิชาชีววิทยา ยังพบว่าตั้งแต่ปีการศึกษา 2555-2559 นักเรียนมีคะแนนอยู่ในระดับต่ำคิดเป็นร้อยละ ได้แก่ 25.75 25.38 27.66 29.05 และ 27.32 ตามลำดับ ซึ่งคะแนนเฉลี่ยของนักเรียนยังอยู่ในระดับต่ำกว่าร้อยละ 50 เช่นเดิม (สถาบันทดสอบการศึกษาแห่งชาติ, 2560) สอดคล้องกับผลการสำรวจผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาระดับประเทศในปี พ.ศ. 2558 ที่พบว่าคะแนนเฉลี่ยนักเรียนไทยทำได้เพียง 466 คะแนนเท่านั้น (ค่ากลาง 500 คะแนน) ทำให้ประเทศไทยถูกจัดอยู่ในอันดับ 26 จากทั้งหมด 39 ประเทศทั่วโลก (TIMSS, 2015 อ้างถึงใน สสวท, 2559, หน้า 20)

จากการสัมภาษณ์นักเรียน และครูชีววิทยาเกี่ยวกับการเรียนการสอนชีววิทยา นักเรียนส่วนใหญ่เห็นว่าวิชาชีววิทยามีเนื้อหามากและค่อนข้างยาก ซึ่งการเรียนเน้นการบรรยาย ถึงแม้ว่าการบรรยายจะส่งผลดีต่อการเรียนการสอน คือ สามารถครอบคลุมเนื้อหาความรู้ได้จำนวนมาก แต่มีข้อจำกัด คือ เป็นการสอนที่ไม่คำนึงถึงความแตกต่างระหว่างบุคคล และไม่ส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น ส่งผลให้นักเรียนไม่สนใจเรียนเท่าที่ควร (Collete, 1973, p. 380 อ้างถึงใน ภพ เลาหไพบูลย์, 2542, หน้า 175) และพบว่ากิจกรรมในห้องเรียนได้มีการทดลอง เพื่อตรวจสอบหรือยืนยันความรู้เท่านั้น นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่กล้าแสดงออกทางวิชาการ เช่น การโต้แย้ง การเสนอข้อมูลที่เป็นหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ หรือการให้เหตุผลที่ถูกต้อง ทำให้นักเรียนส่วนใหญ่ขาดความสนใจในการเรียนวิชาชีววิทยา

ผู้วิจัยจึงสนใจที่จะดำเนินการศึกษาการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในเนื้อหา เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งมีเนื้อหาเกี่ยวข้องกับร่างกายของมนุษย์โดยตรง สามารถส่งผลกระทบต่อการใช้ชีวิตประจำวันของนักเรียนหากมีความผิดปกติ หรือตัดสินใจผิดพลาด หากเกิดเหตุการณ์รุนแรง นักเรียนสามารถตัดสินใจได้อย่างมีเหตุผล โดยคำนึงถึงความปลอดภัย และเลือกหาสิ่งที่ดีมีคุณภาพสำหรับชีวิต นอกจากนี้การวิจัยยังศึกษาเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา รวมถึงความเข้าใจในมโนทัศน์ชีววิทยาที่สะท้อนพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียน ซึ่งเป็นผลมาจากการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ดังกล่าวหรือไม่ ผลการวิจัยจะเป็นข้อบ่งชี้ที่ช่วยในการยกระดับการเรียนรู้ชีววิทยาของนักเรียนต่อไป

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

1. เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
2. เพื่อเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
3. เพื่อศึกษาผลการพัฒนาการรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

สมมติฐานของการวิจัย

1. ความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน ด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05
3. ผลพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงขึ้นหลังเรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ประโยชน์ที่จะได้รับจากการวิจัย

1. นักเรียนได้เรียนรู้วิชาชีววิทยา ตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งช่วยเสริมสร้างความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และมโนทัศน์ชีววิทยา

2. ครูชีววิทยาได้แนวทางในการเรียนการสอนที่ส่งเสริมความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการของนักเรียน ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และมโนทัศน์ชีววิทยา

3. ครูชีววิทยา และผู้เกี่ยวข้องได้แนวทางในการพัฒนาการรู้วิทยาศาสตร์ของนักเรียนโดยผ่านกระบวนการโต้แย้ง

ขอบเขตของการวิจัย

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1.1 ประชากร คือ นักเรียนสายวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์จากโรงเรียนชลกันยานุกูล จังหวัดชลบุรี ปีการศึกษา 2560 ประกอบด้วย 7 ห้อง จำนวน 237 คน

1.2 กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนสายวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์จากโรงเรียนชลกันยานุกูล ปีการศึกษา 2560 โดยการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) ได้นักเรียน 1 ห้อง ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 จำนวน 35 คน

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรต้น คือ การเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

2.2 ตัวแปรตาม คือ

2.2.1 ความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ

2.2.2 ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา

2.2.3 มโนทัศน์ชีววิทยา

3. เนื้อหาที่ใช้การวิจัยครั้งนี้ คือ วิชาชีววิทยาเพิ่มเติมในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัยทั้งหมด จำนวน 15 ชั่วโมง

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ตัวแปรต้น		ตัวแปรตาม
การเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์	→	1. ความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ 2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา 3. มโนทัศน์ชีววิทยา

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. **วงจรการเรียนรู้** หมายถึง วิธีการที่บุคคลใช้ในการศึกษา และสร้างความรู้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน ตามลำดับที่ต่อเนื่อง คือ ขั้นการศึกษาสำรวจ ขั้นการสร้างความรู้ และขั้นการนำความรู้ไปใช้

2. **การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์** หมายถึง การแสดงออกของแต่ละบุคคลด้วยการโต้ตอบต่อผู้อื่น เมื่อมีความเห็นที่คล้อยตามหรือไม่เห็นด้วย ต่อประเด็นที่กำลังอภิปรายร่วมกัน ผ่านการนำเสนอข้อมูลในรูปของข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล เพื่ออธิบายหรือพิสูจน์แย้งตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จนได้ข้อสรุปที่เป็นมโนทัศน์ร่วมกัน

3. **การเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์** เป็นการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเอง จากการลงมือปฏิบัติ ศึกษาสำรวจ ภายใต้การใช้ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล เพื่ออธิบายหรือพิสูจน์แย้งความน่าเชื่อถือ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนตามลำดับต่อเนื่องจนครบวงจร ดังนี้

ขั้นการศึกษาสำรวจ เป็นขั้นที่นักเรียนได้คิด วางแผน และลงมือปฏิบัติ เพื่อสืบสอบหาคำตอบจากประเด็นปัญหาหรือสถานการณ์ ทั้งนี้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นโต้ตอบ เกี่ยวกับข้อมูลที่ได้มาอย่างมีเหตุผล เพื่อสร้างข้อกล่าวอ้างภายในกลุ่ม

ขั้นการสร้างความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็น โต้ตอบ และรวบรวมข้อมูลที่เป็นหลักฐานมากขึ้นเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่ค้นพบจากการศึกษาสำรวจ ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับกฎ หลักการ ทฤษฎี และคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อสรุปเป็นมโนทัศน์ชีววิทยา

ขั้นการนำความรู้ไปใช้ เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติอีกครั้ง เพื่อนำมโนทัศน์ที่เรียนรู้แล้วมาใช้อธิบาย ทำความเข้าใจ และสรุปอ้างอิงไปยังสถานการณ์อื่นเพิ่มเติมอย่างมีเหตุผลบนพื้นฐานของหลักฐานและข้อมูลที่มี แล้วนักเรียนสรุปมโนทัศน์ชีววิทยาร่วมกัน

4. **ความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ** หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการนำเสนอความคิดเห็นในการตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธ ต่อประเด็นคำถามหรือสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่ง โดยประเมินจากแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบอัตนัยชนิดเขียนตอบ จำนวน 3 สถานการณ์ ซึ่งให้คะแนนแบบรูบิก (Scoring rubics) 3 ระดับ ได้แก่ 1 คะแนน คือ การให้เหตุผลเชิงสัญชาตญาณ 2 คะแนน คือ การให้เหตุผลเชิงอารมณ์ และ 3 คะแนน คือ การให้เหตุผลที่เป็นเหตุเป็นผล

5. **ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา** หมายถึง ความสามารถของนักเรียนด้านความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ ในรายวิชาชีววิทยา เรื่องการรักษาดุลยภาพในร่างกาย ซึ่งเกิดจากการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยประเมินผลจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

6. **มโนทัศน์ชีววิทยา** หมายถึง ความคิดหลักของนักเรียนเกี่ยวกับเนื้อหา เรื่องการรักษาดุลยภาพในร่างกาย ที่เกิดจากการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประเมินผลจากแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น

7. **ผลพัฒนาการเรียนรู้** หมายถึง คะแนนร้อยละพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยา (Development score: *DS*%) ซึ่งดำเนินการวิจัยจำนวน 3 ระยะ โดยประเมินผลจากแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น แบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก รวม 60 ข้อ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ผลการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งมีเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องดังนี้

1. หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
2. การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์
3. ทฤษฎีพัฒนาการทางพุทธิปัญญาของเพียเจต์
4. การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนววงจรการเรียนรู้
5. การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
6. ความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ
7. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา
8. มโนทัศน์ชีววิทยา
9. การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน
10. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์

กระทรวงศึกษาธิการ (2551) กำหนดหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 ในกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คือ มุ่งหวังให้นักเรียนได้เรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นการเชื่อมโยง มีทักษะสำคัญในการค้นคว้า สร้างองค์ความรู้ โดยใช้กระบวนการสืบสอบ และการแก้ปัญหา นักเรียนทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติจริงอย่างหลากหลาย และเหมาะสมกับระดับชั้น ประกอบด้วยมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นข้อกำหนดคุณภาพของนักเรียนด้านความรู้ ความคิด ทักษะ กระบวนการเรียนรู้ คุณธรรม จริยธรรม และค่านิยมซึ่งเป็นจุดมุ่งหมายที่จะพัฒนานักเรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ ประกอบด้วย มาตรฐานการเรียนรู้การศึกษาขั้นพื้นฐานสำหรับนักเรียนทุกคน

สำหรับกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ สาระที่ 1: สิ่งมีชีวิตกับกระบวนการดำรงชีวิตที่ใช้ในการวิจัย มีมาตรฐานการเรียนรู้ดังนี้

1. มาตรฐาน ว 1:1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้างและหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเองและดูแลสิ่งมีชีวิต

2. มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอนสามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งมีจุดประสงค์การเรียนรู้ และสาระการเรียนรู้ ดังรายละเอียดตารางที่ 1

ตารางที่ 1 จุดประสงค์การเรียนรู้และสาระการเรียนรู้ ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 วิชาชีววิทยา เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย

จุดประสงค์การเรียนรู้	**สาระการเรียนรู้**	**เวลา (ชั่วโมง)**
1. นักเรียนสามารถสรุปมโนทัศน์ของโครงสร้าง และหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนแก๊สของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิดได้ 2. นักเรียนสามารถสรุปมโนทัศน์ของโครงสร้าง และหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังได้ 3. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบโครงสร้าง และหน้าที่ที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังและสัตว์มีกระดูกสันหลังได้	<u>แผนการเรียนการสอนที่ 1</u> - โครงสร้าง และหน้าที่ที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของฟองน้ำ ไฮดรา หนอนตัวแบน ไส้เดือน แมลง แมงมุม - โครงสร้างในการแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง และสัตว์มีกระดูกสันหลังได้ เช่น สัตว์น้ำ สัตว์ปีก สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ และสัตว์เลื้อยคลาน สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม เป็นต้น	2

ตารางที่ 1 (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
4. นักเรียนสามารถเข้าใจ และสรุปมโนทัศน์ของโครงสร้าง และหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนแก๊สของคนได้ 5. นักเรียนสามารถเข้าใจและสรุปมโนทัศน์กระบวนการทำงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนแก๊สของคนได้	<u>แผนการเรียนการสอนที่ 2</u> - โครงสร้าง และหน้าที่ที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของคน - กระบวนการหายใจ การแลกเปลี่ยนแก๊ส และการควบคุมการหายใจ	3
6. นักเรียนสามารถเข้าใจและสรุปมโนทัศน์ของความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับปอด และโรคที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนแก๊สได้ 7. นักเรียนสามารถนำความรู้เกี่ยวกับความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับปอดและโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบการแลกเปลี่ยนแก๊สไปใช้ได้	<u>แผนการเรียนการสอนที่ 3</u> - ความผิดปกติ และโรคเกี่ยวกับระบบทางเดินหายใจ - การวัดอัตราการหายใจ	2
8. นักเรียนสามารถสรุปมโนทัศน์ และความหมายของเสียที่เกี่ยวข้องกับระบบขับถ่ายได้ 9. นักเรียนสามารถสรุปมโนทัศน์ และเปรียบเทียบกระบวนการขับถ่ายของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและระบบขับถ่ายของสัตว์บางชนิดได้	<u>แผนการเรียนการสอนที่ 4</u> - ความหมาย หน้าที่และโครงสร้างเกี่ยวกับของเสียและการขับถ่าย - กระบวนการขับถ่ายของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว - กระบวนการขับถ่ายของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังบาง และสัตว์มีกระดูกสันหลังบางชนิด	3

ตารางที่ 1 (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	สาระการเรียนรู้	เวลา (ชั่วโมง)
10. นักเรียนสามารถลงมือทำปฏิบัติการ และสรุปมโนทัศน์เกี่ยวกับการทำงานของไตได้ 11. นักเรียนสามารถเข้าใจและสรุปมโนทัศน์การทำงานของไตที่สัมพันธ์กับการรักษาดุลยภาพของน้ำ และแร่ธาตุในร่างกายได้	<u>แผนการเรียนการสอนที่ 5</u> - โครงสร้างและอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับไต - การทำงานของไตกับการรักษาดุลยภาพของน้ำและแร่ธาตุของร่างกาย	3
12. นักเรียนสามารถเข้าใจความผิดปกติ และโรคที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของไต พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางในการดูแลสุขภาพได้	<u>แผนการเรียนการสอนที่ 6</u> - ความผิดปกติเกี่ยวกับไตและโรคของไต - การติดเชื้อในระบบทางเดินปัสสาวะ	2
	รวม	15

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

ในชีวิตประจำวัน บุคคลมีการเรียนรู้วิทยาศาสตร์อยู่ตลอดเวลา เพราะวิทยาศาสตร์มีความเกี่ยวข้องในการดำเนินชีวิต ทั้งนี้ความก้าวหน้าทางการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ได้รับการพัฒนา และปรับปรุงแนวทางให้สอดคล้องกับวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี การเรียนการสอนจึงมุ่งเน้นเกี่ยวกับพัฒนาการคิด และศักยภาพของนักเรียนให้สามารถค้นคว้าหาความรู้ แก้ปัญหาอย่างเป็นระบบ สามารถตัดสินใจโดยใช้ประจักษ์พยานที่ตรวจสอบได้ (สสวท, 2546, หน้า 27-28)

การเรียนรู้วิทยาศาสตร์

นอกจากนี้ฮัดซัน (Hudson, 1993 อ้างถึงใน จันทร์พร พรหมมาศ, 2558, หน้า 1-2) ได้อธิบายว่าการเรียนรู้วิทยาศาสตร์มีด้วยกัน 3 ลักษณะ คือ

1. การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ (Learning science) เป็นการเรียนรู้ที่นักเรียนต้องสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หรือปรับมโนทัศน์เดิมที่มีอยู่ให้ขยายขอบข่าย โดยผ่านประสบการณ์ที่ตนเองได้รับ

2. การเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ (Learning about science) เป็นการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้พัฒนาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ตลอดจนความสัมพันธ์ระหว่างสังคมกับวิทยาศาสตร์

3. การเรียนรู้เกี่ยวกับการปฏิบัติการทางวิทยาศาสตร์ (Doing science) เป็นการเรียนรู้โดยการลงมือปฏิบัติ นักเรียนได้แสดงบทบาทในการทำกิจกรรมด้วยตนเอง ซึ่งช่วยให้นักเรียนได้มีโอกาสพัฒนาทักษะในการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการแก้ปัญหา

คารินและเบส (Carin & Bass, 1997 อ้างถึงใน ประสาท เนืองเฉลิม, 2558, หน้า 146) กล่าวว่า การเรียนรู้วิทยาศาสตร์จะมีคุณค่าและมีความหมายที่แท้จริง เมื่อนักเรียนเข้าไปมีประสบการณ์ตรง โดยจะนำไปสู่การคิด การเข้าใจ การตัดสินใจ การลงมือทำ และการเข้าไปมีความรู้สึกกับสิ่งที่กระทำ นักเรียนต้องได้รับประสบการณ์มากกว่าแค่ออกความคิดเห็นทั่วไป ซึ่งธรรมชาติของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ ต้องมีลักษณะการพิสูจน์ ทดลอง อธิบาย และขยายความด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์ การเรียนรู้เชิงประสบการณ์ จึงเป็นแนวทางที่จะพัฒนานักเรียนเข้าใจและซึมซับธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ได้

สรุปได้ว่า การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เป็นการเรียนรู้ที่นักเรียนได้สร้างมโนทัศน์จากความเข้าใจธรรมชาติ และกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ด้วยการลงมือปฏิบัติ และทำกิจกรรมด้วยตนเอง ส่งผลให้นักเรียนมีโอกาสพัฒนาทักษะในการสืบสอบทางวิทยาศาสตร์ และสามารถแก้ปัญหาธรรมชาติของการเรียนรู้วิทยาศาสตร์นั้น มีลักษณะการพิสูจน์ ทดลอง อธิบาย และขยายความด้วยหลักฐานเชิงประจักษ์

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบ (Inquiry-based instruction)

สำหรับในชั้นเรียนที่มีการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ การสืบสอบ (Inquiry) ถือว่าเป็นกระบวนการเรียนรู้ที่สำคัญของมนุษย์อย่างหนึ่ง ซึ่งเป็นกระบวนการเรียนการสอนที่สำคัญเพราะมีการกำหนดปัญหา และกำหนดวิธีการหาคำตอบ ซึ่งเกิดจากการรวบรวมข้อมูล และสรุปคำตอบของปัญหานั้นได้ (Suchman, 1966 cited in Trowbridge & Bybee, 1986, p. 181) การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบ มีลักษณะสำคัญ (National Research Council, 2000 อ้างถึงใน สกุล มูลแสดง, 2554, หน้า 118) ได้แก่

1. นักเรียนมีส่วนร่วมในการโต้ตอบคำถามทางวิทยาศาสตร์

2. นักเรียนสามารถอธิบาย และให้คำความสำคัญกับหลักฐาน (Evidence) ที่มีอยู่โดยนำไปสนับสนุนคำตอบของทุกคำถามได้

3. นักเรียนสามารถเชื่อมโยงคำอธิบายของตนเอง ไปสู่ความรู้ทางวิทยาศาสตร์ได้

4. นักเรียนสามารถสื่อสาร และมีการใช้เหตุผล (Reasoning) ในการอธิบายข้อมูล

ทั้งนี้ นักการศึกษาหลายท่านจึงได้มีการพัฒนาแนวทางการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การสืบสอบเป็นฐาน ส่วนใหญ่แล้วสามารถแบ่งได้ 4 ระดับ ต่อไปนี้

ลีเดอร์แมน (Lederman, 1970, pp. 2-3) สรุปแนวทางการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบไว้ 4 ระดับ ดังนี้

ระดับที่ 1 การสำรวจค้นหา (Exploration) เป็นกิจกรรมที่ครูกำหนดปัญหา วิธีดำเนินการและการอธิบายสรุปมาให้นักเรียนเรียบร้อย ครูกำหนดโครงสร้างของคำถาม และดำเนินการสอนในสิ่งที่สามารถทดสอบข้อสงสัยได้ตรงหน้า โดยถือเป็นการวิเคราะห์แบบง่าย ๆ จากสิ่งที่กำหนด

ระดับที่ 2 การสืบสอบโดยตรง (Direct inquiry) เป็นกิจกรรมที่ครูกำหนดปัญหา และกำหนดวิธีดำเนินการให้นักเรียน นักเรียนต้องอธิบายสรุปด้วยตนเอง และหาวิธีแก้ไขที่เหมาะสมโดยการอธิบาย วิเคราะห์ และสรุปผลข้อมูลไปสู่การสร้างหลักฐาน (Evidence)

ระดับที่ 3 การสืบสอบแบบการแนะแนว (Guided inquiry) เป็นกิจกรรมที่ครูกำหนดปัญหาหรือคำถาม ส่วนนักเรียนต้องหาวิธีดำเนินการ และสรุปผลด้วยตนเอง เมื่อนักเรียนเกิดการวิเคราะห์ จะส่งผลให้สามารถแก้ปัญหาด้วยหลักฐานสนับสนุน กับผลสรุปที่สอดคล้องกันอาจเป็นการสรุปที่หลากหลาย ดังนั้นการกระตุ้นจากครูจึงเป็นสิ่งที่สำคัญต่อการเรียนลักษณะนี้

ระดับที่ 4 การสืบสอบแบบเปิดกว้าง (Open-ended inquiry) เป็นกิจกรรมที่ครูเปิดโอกาสสำหรับนักเรียน ซึ่งครูไม่มีการกำหนดปัญหา วิธีดำเนินการ และการสรุปผล นักเรียนต้องทำการค้นคว้าจากคำถามที่ตั้งขึ้น ด้วยการค้นหาวิธีแก้ไขหรือคำตอบของปัญหา รวบรวมวิเคราะห์ข้อมูล และหาหลักฐานมาสนับสนุนข้อสรุปของตนเอง ระดับนี้เหมาะสำหรับการเรียนในระดับสูง

มาร์ติน (Martin, 2002, pp. 34-37) ได้อธิบายสรุปเกี่ยวกับ แนวทางการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบไว้ 4 ระดับ ดังนี้

ระดับที่ 1 การสำรวจตรวจสอบ (Structure inquiry) เป็นการเรียนการสอนที่ครูมีบทบาทสูง โดยครูแนะนำนักเรียนตลอดขั้นตอนการสำรวจตรวจสอบหรือการทดลอง ครูกำหนดปัญหาหรือคำถามทางวิทยาศาสตร์ ให้เพียงแนวคิดและขั้นตอนในการสำรวจมาให้ นักเรียนมีหน้าที่หาคำตอบเท่านั้น กิจกรรมระดับนี้เหมาะสำหรับนักเรียนที่มีประสบการณ์แบบเริ่มต้น

ระดับที่ 2 การสืบสอบแบบแนะแนว (Guided inquiry) เป็นการเรียนการสอนที่ครูมีบทบาทน้อยลง ส่วนนักเรียนมีบทบาทเพิ่มขึ้น ซึ่งครูกำหนดปัญหาหรือคำถามทางวิทยาศาสตร์มาให้ และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ออกแบบวิธีดำเนินการหรือการทดลองด้วยตนเอง

ระดับที่ 3 การสืบสอบแบบร่วมมือ (Collaborative inquiry) เป็นการเรียนการสอนที่ครู และนักเรียนมีบทบาทร่วมกัน โดยเป็นกิจกรรมที่มีการสืบสอบความรู้ใหม่ได้ตลอดเวลา กิจกรรมระดับนี้จะส่งผลให้นักเรียนมีประสบการณ์ในการสืบสอบมากขึ้น

ระดับที่ 4 การสืบสอบแบบเปิดกว้าง (Open inquiry) เป็นการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนสร้างคำถามจากปัญหาที่พบอย่างอิสระ โดยนักเรียนต้องกำหนดวิธีดำเนินการ และนำเสนอผลการสำรวจตรวจสอบด้วยตนเอง ครูให้คำปรึกษาและจัดเตรียมอุปกรณ์เท่านั้น กิจกรรมระดับนี้เหมาะสำหรับการเรียนในระดับสูง เช่น นักศึกษาปริญญาโทหรือเอก เป็นต้น

สรุปได้ว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบสอบ เป็นกระบวนการเรียนรู้ของมนุษย์แนวทางหนึ่งที่สำคัญ และสอดคล้องกับการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ นอกจากจะเป็นกระบวนการที่มีการกำหนดปัญหา วิธีดำเนินการ และการสรุปคำตอบของปัญหานั้นแล้ว นักเรียนยังส่วนร่วมในการโต้ตอบ เชื่อมโยง อธิบาย และให้ความสำคัญจากหลักฐาน พร้อมมีการสื่อสารด้วยการให้เหตุผลที่ยอมรับได้

แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

เรนเนอร์และสเต็ฟฟอร์ด (Renner & Stafford, 1972 อ้างถึงใน จันทร์พร พรหมมาศ, 2558, หน้า 2-3) เสนอแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนสอนวิทยาศาสตร์ไว้ 4 ระดับดังนี้

ระดับที่ 1 กิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นการอ่าน หรือได้รับการบอกเล่าให้รู้เกี่ยวกับกระบวนการและผลผลิตทางวิทยาศาสตร์ กิจกรรมลักษณะนี้นักเรียนจะได้อ่านใบความรู้ หรือบทความทางวิทยาศาสตร์ จะส่งเสริมความสามารถการอ่านมากกว่าพัฒนาความรู้ความสามารถ

ระดับที่ 2 กิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นการอภิปรายระหว่างนักเรียนด้วยกัน หรือระหว่างครูกับนักเรียนถึงผลที่ได้จากการสืบสอบ แต่อย่างไรก็ตามการอภิปรายในชั้นเรียน ครูต้องคำนึงถึงระดับพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียนด้วย

ระดับที่ 3 กิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นการสาธิตของครู หรือการสาธิตระหว่างนักเรียนด้วยกัน ครูจัดกิจกรรมเช่นนี้เพื่อสอนสิ่งที่เป็นนามธรรมโดยผ่านสิ่งที่เป็นรูปธรรม เพราะนักเรียนไม่ได้ค้นพบความรู้โดยตรงเพราะข้อมูลมาจากผู้ที่ทำการสาธิต

ระดับที่ 4 กิจกรรมการเรียนการสอนที่เน้นการลงมือปฏิบัติของนักเรียน ศึกษา สำรวจ หรือทำการทดลอง เพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง นักเรียนใช้จินตนาการ ฝึกวิเคราะห์ สังเคราะห์ จำแนกแยกแยะ เปรียบเทียบ สรุปอ้างอิง และมีส่วนร่วมในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่สมบูรณ์ (Ideal) เนื่องจากนักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือกระทำ (Hands-on) กิจกรรมด้วยตนเอง และฝึกคิดเกี่ยวกับการกระทำนั้น (Minds-on) ซึ่งทำให้นักเรียนได้เรียนรู้อย่างมีประสิทธิภาพ

มาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ประเทศสหรัฐอเมริกา (National Science Education Standards, 1996, p.122) ได้ระบุเกี่ยวกับ แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบการสืบสอบ มีดังนี้

1. การระบุปัญหาหรือสร้างคำถาม เป็นกิจกรรมที่นักเรียนต้องมีลักษณะพื้นฐาน คือ สามารถตั้งคำถาม เพื่อเป็นแนวทางไปสู่การค้นหาคำตอบทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งประกอบไปด้วย การรวบรวม ศึกษา สำรวจ และอธิบายคำตอบของข้อมูลด้วยความน่าเชื่อถือ

2. การวางแผนและรวบรวมข้อมูล เป็นกิจกรรมที่นักเรียนต้องวางแผน และดำเนินการตรวจสอบ เพราะการตรวจสอบจะเป็นพื้นฐานที่สำคัญไปสู่การรวบรวมข้อมูล อาจจะส่งผลต่อการออกแบบ และหาคำตอบจากปัญหาของนักเรียนได้

3. การเลือกใช้เครื่องมือในการรวบรวมข้อมูล เป็นกิจกรรมที่นักเรียนต้องมีการใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ เพื่อรวบรวมและเผยแพร่ข้อมูล โดยนักเรียนต้องมีทักษะในการเลือกใช้อุปกรณ์พื้นฐานเพื่อการคำนวณ เช่น การสังเกต การวัดความยาว ความสูง ความลึก วัดอุณหภูมิจากเทอร์โมมิเตอร์ การจับเวลา การศึกษาสิ่งมีชีวิตขนาดเล็กจากกล้องจุลทรรศน์ เป็นต้น เพราะทักษะเหล่านี้สามารถใช้ร่วมกับการคำนวณในโปรแกรมทางคอมพิวเตอร์

4. การสร้างความน่าเชื่อถือจากหลักฐาน (Evidence) เป็นกิจกรรมที่นักเรียนมีการใช้ข้อมูล เพื่อนำมาประกอบคำอธิบาย สามารถตัดสินใจและพิจารณาข้อมูล พร้อมนำไปอธิบายขยายความ และสนับสนุนหลักฐานให้มีความสอดคล้องกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์ตามประสบการณ์ต่าง ๆ ของแต่ละบุคคล

5. การนำเสนอข้อมูลจากการตรวจสอบและการขยายความ เป็นกิจกรรมที่นักเรียนได้เริ่มพัฒนาความสามารถในการนำเสนอ วิพากษ์ วิเคราะห์งานของตนเองและงานของคนอื่น

คณะกรรมการวิจัยแห่งสหประชาชาติประเทศสหรัฐอเมริกา (NRC, 2012, p. 42) ได้ระบุแนวทางสำคัญในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบการสืบสอบของนักเรียนไว้ว่า ควรประกอบไปด้วยกิจกรรมเหล่านี้ ได้แก่ การตั้งคำถามเพื่อพัฒนา และเลือก ใช้รูปแบบการศึกษาวางแผนและการตรวจสอบข้อมูล พร้อมวิเคราะห์และแปลความหมายข้อมูล ทั้งยังรู้จักการใช้การคำนวณข้อมูลทางคณิตศาสตร์ เทคโนโลยีคอมพิวเตอร์ แล้วสร้างคำอธิบายขยายความในการโต้แย้งจากหลักฐาน (Evidence) ซึ่งมีการประเมินค่าและนำเสนอข้อมูล เพื่อสื่อสารต่อสังคม

นอกจากนี้ สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2550 อ้างถึงใน สกุล มูลแสดง, 2554, หน้า 118) ได้ระบุเกี่ยวกับ แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบการสืบสอบไว้ว่า ควรประกอบไปด้วยคำถามต่อไปนี้

1. นักเรียนสามารถสังเกตเห็นอะไรบ้าง
2. นักเรียนเห็นรูปแบบความสัมพันธ์ของสิ่งที่สังเกตได้อย่างไรบ้าง
3. นักเรียนมีคำถามอะไรบ้างเกี่ยวกับสิ่งที่สังเกตได้
4. นักเรียนจะทดสอบความเป็นไปได้ หรือสมมติฐานที่นักเรียนตั้งไว้อย่างไร
5. นักเรียนต้องการหลักฐานข้อมูลใดบ้างที่จะพิสูจน์สมมติฐานที่นักเรียนตั้งไว้
6. นักเรียนค้นพบผลจากการศึกษา สำรวจ หรือทดลองตรงตามสมมติฐานหรือไม่
7. นักเรียนสรุปผลการศึกษา สำรวจ หรือทดลองได้อย่างไร

สรุปได้ว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ เป็นแนวทางสำคัญที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ ศึกษา สำรวจ หรือทำการทดลอง เพื่อสร้างความรู้ด้วยตนเอง ซึ่งนักเรียนได้เรียนรู้จากการลงมือกระทำ (Hands-on) พร้อมฝึกคิดเกี่ยวกับผลที่ได้จากการกระทำนั้น (Minds-on) ซึ่งแนวทางการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แบบการสืบสอบ เป็นอีกแนวทางที่นักเรียนได้ระบุปัญหาทางวิทยาศาสตร์ เพื่อรวบข้อมูล และสร้างความน่าเชื่อถือจากหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ โดยทำการยืนยันความรู้ พร้อมสามารถอธิบาย และนำเสนอข้อมูลต่อผู้อื่น เพื่อให้เกิดการยอมรับได้

ทฤษฎีพัฒนาการทางพุทธิปัญญาของเพียเจต์

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ มีแนวคิดพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางพุทธิปัญญาตามแนวคิดของเพียเจต์ สรุปไว้ว่า เมื่อนักเรียนทำการศึกษาสำรวจสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ นักเรียนจะเกิดการซึมซับข้อมูลต่าง ๆ เข้าสู่โครงสร้างทางความคิด เป็นผลทำให้นักเรียนเกิดภาวะอสมดุล จากนั้นนักเรียนพยายามจัดลำดับโครงสร้างทางความคิดของตนเองใหม่ เมื่อได้รับการพัฒนามโนทัศน์ผ่านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่เหมาะสมแล้ว ผลการเรียนรู้สามารถทำให้โครงสร้างทางความคิดของนักเรียนกลับไปสู่ภาวะสมดุลอีกครั้ง และทำให้นักเรียนเกิดการพัฒนาทางพุทธิปัญญา (Jean Piaget, 1972 อ้างถึงใน สุรางค์ โค้วตระกูล, 2554, หน้า 48)

แนวคิดและทฤษฎีพื้นฐาน

ฌอง เพียเจต์ (Jean Piaget, 1972 อ้างถึงใน สุรางค์ โค้วตระกูล, 2554, หน้า 48) เป็นนักปรัชญา นักจิตวิทยา และนักชีววิทยาชาวสวิตเซอร์แลนด์ ซึ่งพัฒนาโมเดลอธิบายวิธีการรวบรวม จัดระบบข้อมูลเกี่ยวกับสถานการณ์ทางธรรมชาติของมนุษย์ และสร้างทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของมนุษย์ตั้งแต่วัยแรกเกิดจนถึงวัยผู้ใหญ่ โดยเพียเจต์เชื่อว่ามนุษย์ทุกคนมีพื้นฐานมาแต่กำเนิด 2 ลักษณะ ดังนี้

1. กระบวนการจัดระบบโครงสร้าง (Organization) เป็นกระบวนการต่าง ๆ เข้าสู่โครงสร้างทางความคิดอย่างเป็นระบบระเบียบและต่อเนื่อง ซึ่งมีการเปลี่ยนแปลงอยู่ตลอดเวลา

ตราบเท่าที่มีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม โดยโครงสร้างทางความคิดเป็นส่วนประกอบพื้นฐานของความคิดที่จัดระบบ และความรู้ในอดีต โดยอาจจะบรรจุทั้งความรู้และกระบวนการ

2. กระบวนการปรับข้อมูล (Adaptation) เป็นกระบวนการปรับโครงสร้างทางความคิดให้สอดคล้องกับประสบการณ์ และความรู้ใหม่ ๆ ที่ได้รับเพื่อให้เกิดภาวะสมดุล ซึ่งกระบวนการปรับโครงสร้างทางความคิดมีกระบวนการพื้นฐานที่เกี่ยวข้อง 2 กระบวนการ

1.1 การซึมซับเข้าสู่โครงสร้าง (Assimilation) เป็นกระบวนการที่นักเรียนใช้ตีความหรือรับข้อมูลภายนอก เข้าสู่โครงสร้างทางความคิดโดยอาศัยความรู้หรือวิธีการที่มีอยู่แล้ว

1.2 การปรับโครงสร้าง (Accommodation) เป็นกระบวนการที่นักเรียนทำการสังเกตคุณสมบัติตามความความเป็นจริงของวัตถุหรือสิ่งแวดล้อม แล้วปรับโครงสร้างทางความคิดของตนให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมนั้น

พัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียน มีความสำคัญต่อการเพิ่มเติมข้อเท็จจริง และแนวคิดใหม่ ๆ เข้าสู่โครงสร้างทางความคิดที่มีอยู่ ทั้งนี้เพียเจต์ได้ระบุพัฒนาการทางสติปัญญาของแต่ละบุคคลจะเกิดขึ้นเร็วหรือช้านั้นขึ้นอยู่กับปัจจัยต่าง ๆ ดังนี้

1. วุฒิภาวะทางกายภาพ (Physical maturation) หมายถึง การเจริญเติบโตทางชีววิทยาของระบบประสาทส่วนกลาง และส่วนต่าง ๆ ของร่างกายของนักเรียนแต่ละคนที่จะใช้สร้างมโนทัศน์ เมื่อนักเรียนมีพัฒนาการชีวภาพสูงขึ้นจะมีความสามารถในการแสดงพฤติกรรมและการเรียนรู้จากสิ่งแวดล้อมรอบตัวขึ้นตามไปด้วย

2. ประสบการณ์ทางกายภาพ (Physical experience) หมายถึง ประสบการณ์ที่เกิดขึ้นจากการที่นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบตัว แล้วรับรู้และสร้างตัวแทนความคิดเกี่ยวกับคุณสมบัติทางกายภาพของวัตถุ

3. ปฏิสัมพันธ์ทางสังคม (Social interaction) หมายถึง ปฏิสัมพันธ์กับบุคคลอื่น ๆ ซึ่งจะนำไปสู่การถ่ายทอดความรู้ทางสังคม ทั้งนี้ความสามารถในการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมขึ้นอยู่กับพัฒนาการทางสติปัญญาของแต่ละคน

4. ภาวะสมดุลทางสติปัญญา (Equilibration) หมายถึง กระบวนการเรียนรู้กับการกำกับตนเอง เกี่ยวกับการรับรู้ถึงความไม่สอดคล้องระหว่างภาวะความเป็นจริงกับความคิดของแต่ละบุคคลตลอดจนการทำงานอย่างกระตือรือร้น และอดทนต่อการแก้ปัญหาความไม่สอดคล้อง

ขั้นพัฒนาการทางพุทธิปัญญา

เพียเจต์ (Jean Piaget, 1972 อ้างถึงใน ทิศนา แขมมณี, 2558, หน้า 64-65) ได้แบ่งขั้นพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียนออกเป็น 4 ขั้น ตามช่วงอายุ ดังนี้

1. ขั้นการสัมผัสและการเคลื่อนไหว (Sensory motor stage: อายุ 0-2 ปี) นักเรียนวัยนี้สามารถแก้ปัญหาได้จากการสัมผัส และการเคลื่อนไหวร่างกายแทนที่จะเป็นการใช้สมองคิดอย่างเดียวเหมือนกับพฤติกรรมของนักเรียนโต และผู้ใหญ่โดยทั่วไป

2. ขั้นก่อนการคิดแบบเหตุผล (Preoperational stage: อายุ 2-7 ปี) นักเรียนช่วงอายุ 2-4 ปี มีการเล่น สมมุติ วาดภาพ สร้างจินตนาการ พัฒนาทางภาษาพูด และการยึดตนเองเป็นศูนย์กลาง (Egocentrism) นักเรียนอายุ 4-7 เป็นช่วงที่ความคิดเริ่มมีเหตุผลมากขึ้น สามารถรับรู้ได้ในสิ่งที่ปรากฏในขณะนั้น โดยไม่สนใจกระบวนการที่เกิดขึ้นก่อนหน้า

3. ขั้นการคิดแบบเหตุผลเชิงรูปธรรม (Concrete operational) นักเรียนช่วงอายุ 7-11 ปี สามารถคิดอย่างมีเหตุผลมากขึ้น เข้าใจลักษณะของปริมาณต่าง ๆ เปรียบเทียบคุณสมบัติและลำดับสิ่งของได้ แต่การคิดดังกล่าวต้องอาศัยพื้นฐานของประสบการณ์ที่เป็นรูปธรรมอยู่

4. ขั้นการคิดแบบเหตุผลเชิงนามธรรม (Formal operational stage: อายุ 11 ขึ้นไป) นักเรียนช่วงนี้สามารถคิดแบบต่าง ๆ ทั้งในเชิงรูปธรรมและนามธรรมอย่างมีเหตุผล เช่น การคิดแก้ปัญหา การคิดวิเคราะห์ การคาดคะเน เป็นต้น มีการพัฒนาสู่การคิดเชิงวิทยาศาสตร์มากขึ้น

คารินและซันด์ (Carin & Sund, 1975, pp. 29-32) ได้อธิบายสรุปเกี่ยวกับคุณลักษณะนักเรียนที่มีพัฒนาการในขั้นปฏิบัติการคิดแบบนามธรรม ดังนี้

1. นักเรียนไม่จำเป็นต้องอาศัยสิ่งเร้าจากภายนอก เพื่อกระตุ้นกระบวนการคิดของตน
2. นักเรียนสามารถคิดสะท้อนกลับเกี่ยวกับความคิดตนเองได้
3. นักเรียนคิดในสิ่งที่เป็นไปได้มากกว่าคิดจำกัดเฉพาะข้อเท็จจริง สามารถคิดตรงข้ามกับความจริง และเข้าใจความเป็นไปได้
4. นักเรียนสามารถสร้างสมมติฐานเชิงอนุมาน หรือการคิดแบบ ถ้า.....แล้ว
5. นักเรียนแสดงการคิด และการให้เหตุผลแบบสันนิษฐานความเป็นเหตุเป็นผล เช่น ถ้า ก แล้ว ข หรือถ้า ข แล้ว ก หรือไม่ ก แล้วไม่ ข หรือไม่ ข แล้วไม่ ก
6. นักเรียนยอมรับข้อตกลงที่ตรงข้ามกับความจริง เพื่อใช้ในการอภิปราย และทำความเข้าใจเกี่ยวกับการเปรียบเทียบ
7. นักเรียนสามารถควบคุมตัวแปรตัวหนึ่ง ในขณะที่สามารถแยกตัวแปรอีกตัวที่มีผลต่อการทดลองทางวิทยาศาสตร์ได้ ซึ่งนักเรียนในขั้นปฏิบัติการคิดแบบรูปธรรมนี้ มักเกิดการสับสนในเรื่องการบ่งชี้และควบคุมตัวแปร
8. นักเรียนยอมรับการตัดสินและกฎต่าง ๆ ที่ได้จากข้อตกลง
9. นักเรียนมีความสามารถคิดแบบนามธรรมมากขึ้น

สรุปได้ว่า แนวคิดทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ เป็นกระบวนการเรียนรู้ทางสติปัญญา เกิดจากการที่บุคคลเกิดการเรียนรู้จากกระบวนการดูดซึมข้อมูล และประสบการณ์ต่าง ๆ เข้าไปเชื่อมโยงกับโครงสร้างทางสติปัญญาเดิม เป็นเหตุให้โครงสร้างเดิมเปลี่ยนไป แต่หากบุคคลไม่สามารถปรับประสบการณ์ใหม่ให้เข้ากับประสบการณ์เดิม ก็จะเกิดภาวะไม่สมดุล ซึ่งบุคคลต้องใช้กระบวนการปรับโครงสร้าง เพื่อปรับให้อยู่ในภาวะสมดุล

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนววงจรการเรียนรู้

ความหมายของวงจรการเรียนรู้ (Learning cycle)

คารินและซัน (Carin & Sund, 1980, p. 117 อ้างถึงใน ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2554, หน้า 63) ให้ความหมายวงจรการเรียนรู้ไว้ว่า เป็นการเรียนการสอนที่นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติด้วยตนเอง ซึ่งสอดคล้องกับองค์ประกอบพื้นฐานตามทฤษฎีพัฒนาการทางพุทธิปัญญาของเพียเจต์ ประกอบด้วยประสบการณ์ทางกายภาพ การถ่ายทอดความรู้ทางสังคม วุฒิภาวะ กระบวนการพัฒนา ภาวะสมดุลหรือการควบคุมการเรียนรู้ด้วยตนเอง

มาร์ตินและคณะ (Matin et al., 1994 อ้างถึงใน ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2554, หน้า 66) ให้ความหมายวงจรการเรียนรู้ไว้ว่า เป็นวิธีการคิดหรือการดำเนินการเรียนรู้ ที่สอดคล้องกับที่นักเรียนใช้ในการเรียนรู้

ไมเออร์และมาเรค (Maier & Marek, 2006, p. 109) ให้ความหมายวงจรการเรียนรู้ไว้ว่า เป็นการเรียนการสอนแบบสืบสอบวิธีหนึ่ง โดยมีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ ซึ่งมีโครงสร้างแนวคิดที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างความรู้จากประสบการณ์ตรงทางวิทยาศาสตร์ผ่าน 3 ขั้นตอนต่อเนื่อง ได้แก่ การศึกษาสำรวจความรู้ การพัฒนามโนทัศน์ และการนำไปประยุกต์ใช้

มาเรค (Marek, 2008, p. 63) กล่าวว่าวงจรการเรียนรู้ เป็นวิธีการในการค้นหา และรวบรวมความรู้จากการสืบสอบอย่างต่อเนื่อง ซึ่งส่งเสริมให้นักเรียนได้รับการกระตุ้นในการเรียนวิทยาศาสตร์ผ่าน 3 ขั้นตอนสำคัญ ได้แก่ การศึกษาสำรวจ การพัฒนามโนทัศน์ และการขยายความรู้ พร้อมประยุกต์ใช้ และเป็นพื้นฐานสำหรับการเรียนรู้ในวงจรต่อไป

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์ (2544, หน้า 103) ให้ความหมายวงจรการเรียนรู้ไว้ว่า เป็นรูปแบบของกระบวนการเรียนรู้ เพื่อให้นักเรียนสามารถใช้วิธีการทางวิทยาศาสตร์ และจำเป็นต้องอาศัยทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ในการค้นพบความรู้ หรือมีประสบการณ์การเรียนรู้อย่างมีความหมายด้วยตนเอง โดยมีแนวคิดพื้นฐานมาจากแนวคิดทฤษฎีคอนสตรักติวิสม์

สรุปได้ว่า วงจรการเรียนรู้ หมายถึง วิธีการที่บุคคลใช้ในการศึกษา และสร้างความรู้ ซึ่งสอดคล้องกับแนวทางการทำงานของนักวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วย 3 ขั้นตอนตามลำดับที่ต่อเนื่อง คือ ขั้นการศึกษาสำรวจ ขั้นการสร้างความรู้ และขั้นการนำความรู้ไปใช้

ความหมายของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนววงจรการเรียนรู้

โทบินและคณะ (Tobin et al., 1994, p. 137 อ้างถึงใน ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2554, หน้า 64) ได้อธิบายความหมายของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนววงจรการเรียนรู้ไว้ว่า เป็นการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับแนวทางที่นักเรียนใช้ในการสร้างความรู้ และควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง มีโอกาสแสดงความคิดเห็นของตนเองอย่างหลากหลาย ทำการโต้แย้งเพื่อทดสอบความคิดเห็นหรือความเชื่อเหล่านั้น สร้างมโนทัศน์และพัฒนาแบบแผนการใช้เหตุผล

ลอร์สัน (Lawson, 1995, p. 137) ได้กล่าวว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนววงจรการเรียนรู้ไว้ว่า เป็นแนวทางที่มีความสอดคล้องกับนักเรียนใช้ในการสร้างความรู้ โดยนักเรียนมีโอกาสแสดงความคิดเห็น โต้แย้ง และทำการทดสอบความคิดเห็นของตนเอง ซึ่งจะนำไปสู่การสร้างมโนทัศน์ และพัฒนาแบบแผนการให้เหตุผลได้ด้วยตนเอง

ทอลแมนและฮาร์ดี (Tolman & Hardy, 1995 อ้างถึงใน สุนีย์ เหมะประสิทธิ์, 2544, หน้า 110) กล่าวว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนววงจรการเรียนรู้ไว้ว่า เป็นการเรียนการสอนที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้จากมโนทัศน์ที่ถูกต้อง เพราะเป็นการเรียนรู้แบบค้นพบผ่านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ที่สูงขึ้น เน้นการคิดวิเคราะห์ นิยามศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ได้อย่างถูกต้อง และเรียนรู้ได้อย่างมีประสิทธิภาพ

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2554, หน้า 63) ได้อธิบายความหมายของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนววงจรการเรียนรู้ไว้ว่า เป็นวิธีคิดหรือวิธีดำเนินการที่นักเรียนใช้ในการศึกษาค้นคว้าอย่างมีขั้นตอนที่มีลำดับต่อเนื่องกันจบครบวงจร มีลักษณะเป็นไปตามลำดับขั้นตอนวงจรกระบวนการสร้างความรู้ของนักวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยการสำรวจปรากฏการณ์ใหม่ ๆ การสร้างคำอธิบาย มโนทัศน์ใหม่ ๆ และเพื่อนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้นไปใช้ตีความปรากฏการณ์อื่น หรือปรากฏการณ์ที่กำลังศึกษาได้

กล่าวสรุปได้ว่า การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนววงจรการเรียนรู้ คือ แนวทางที่มีความสอดคล้องกับการสร้างความรู้ของนักเรียน โดยนักเรียนมีโอกาสแสดงความคิดเห็น โต้แย้ง ซึ่งเป็นการเรียนอย่างค้นพบ ช่วยส่งเสริมทักษะทางวิทยาศาสตร์ โดยจะนำไปสู่การสร้างมโนทัศน์และพัฒนาแบบแผนการให้เหตุผลได้ด้วยตนเอง

ขั้นตอนของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนววงจรการเรียนรู้

คาร์พลัสและคณะ (Karplus et al.,1977 อ้างถึงใน จันทร์พร พรหมมาศ, 2541, หน้า 18-19) ได้เสนอขั้นตอนตามแนววงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ 3 ขั้นตอน คือ ขั้นการศึกษาสำรวจ (Exploration) ขั้นการสร้างความรู้ (Invention) และขั้นการค้นพบ (Discovery) ซึ่งต่อมาได้ปรับชื่อขั้นตอนการเรียนการสอน ซึ่งแต่ละขั้นมีรายละเอียดดังนี้

1. ขั้นการศึกษาสำรวจ (Exploration) เป็นขั้นที่กระตุ้นให้นักเรียนเกิดภาวะอสมดุล โดยนักเรียนประเมินความรู้เดิมของตนว่ามีความรู้ใดที่สัมพันธ์กับปัญหาที่กำลังศึกษา จัดระบบโครงสร้างความคิดของตนเองใหม่ เพราะนักเรียนได้เรียนรู้ผ่านการศึกษา ลงมือปฏิบัติ และสำรวจอย่างอิสระ ขั้นนี้เมื่อนักเรียนเกิดความสงสัยที่ไม่สามารถใช้แบบแผนการให้เหตุผลแบบเดิม ต้องแสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยน และอภิปรายระหว่างกัน

2. ขั้นการสร้างมโนทัศน์ (Concept invention) เป็นขั้นที่เรียงลำดับต่อจากการศึกษาสำรวจ และสร้างความสัมพันธ์ระหว่างผลที่ได้กับการอธิบายถ่ายทอดความรู้ เน้นการถ่ายทอดความรู้ทางสังคมที่นักเรียนเรียนรู้ได้จากการอธิบาย และได้รับความรู้เพิ่มเติม ครูมีบทบาทช่วยแนะนำคำศัพท์ หลักการทางวิทยาศาสตร์ ตำราและสื่อต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้อง นักเรียนต้องดำเนินการปรับ และจัดโครงสร้างทางความคิด พร้อมเชื่อมโยงความรู้ นักเรียนจะถูกกระตุ้นให้พัฒนาเหตุผลใหม่ ๆ จึงช่วยให้นักเรียนสามารถดำเนินการควบคุมการเรียนรู้ของตนเอง

3. ขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ (Concept application) เป็นขั้นที่ส่งผลให้นักเรียนมีโอกาสนำมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้ไปใช้ในสถานการณ์อื่นเพิ่มเติม โดยการลงมือปฏิบัติอีกครั้ง เพื่อค้นหาแนวทางในการแก้ปัญหาในสถานการณ์ใหม่ แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ของนักเรียน อาจจะมีบางคนที่สร้างความหมายแบบนามธรรม หรือนำมโนทัศน์ไปใช้สรุปไม่ได้ ขั้นนี้เปิดโอกาสให้นักเรียนที่เรียนช้า จึงเป็นการเรียนรู้จากการทำซ้ำ และเป็นการฝึกปฏิบัติเพิ่ม

ลอร์สัน (Lawson, 1995, pp. 136-141) ได้อธิบายเกี่ยวกับขั้นตอนการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนววงจรการเรียนรู้ กล่าวสรุปได้ดังนี้

1. ขั้นการศึกษาสำรวจ (Exploration) เป็นขั้นที่นักเรียนทำการศึกษาสำรวจ ค้นหาข้อมูล ด้วยการลงมือปฏิบัติหรือทำการทดลอง นักเรียนใช้ทักษะการสังเกต ทักษะการสร้างสมมติฐาน และทักษะการทดลอง ครูจัดเตรียมอุปกรณ์ เช่น การใช้สไลด์ การบรรยาย หรือการอภิปราย นักเรียนต้องรวบรวมข้อมูล วิเคราะห์ นำเสนอ อภิปรายผลผ่านการโต้แย้ง และลงความคิดเห็น เพื่อเป็นแนวทางในการทดสอบความคิดเห็นหรือสมมติฐานที่ได้ตั้งไว้

2. ขั้นการสร้างมโนทัศน์ (Term introduction) เป็นขั้นที่ต่อจากการศึกษาสำรวจและสัมพันธ์กับข้อมูลจากปรากฏการณ์ที่นักเรียนค้นพบ ครูทำหน้าที่แนะนำศัพท์หรือหลักการให้เข้ากับแบบแผนที่ค้นพบ กระตุ้นนักเรียนได้ค้นพบความรู้ให้มากที่สุด นักเรียนต้องจัดลำดับโยงความสัมพันธ์ ซึมซับข้อมูล และสร้างความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์ด้วยตนเอง

3. ขั้นการนำมโนทัศน์ไปใช้ (Concept application) เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำมโนทัศน์ หรือแบบแผนการให้เหตุผลใหม่ที่ได้เรียนรู้มาใช้อธิบาย ทำความเข้าใจ สรุปอ้างอิงไปยังสถานการณ์อื่น จำเป็นสำหรับนักเรียนบางคนที่ยังต้องพัฒนาความสามารถในการนำมโนทัศน์ที่เรียนรู้ไปใช้ เพราะนักเรียนยังไม่สามารถคิดแบบนามธรรม จากสิ่งของที่เป็นรูปธรรมมโนทัศน์ที่ได้ใช้เป็นพื้นฐานสำหรับศึกษาสำรวจในวงจรการเรียนรู้ต่อไปได้

อาบรัสคาโต (Arbruscato, 2004, pp. 48-50) ได้อธิบายสรุปเกี่ยวกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนววงจรการเรียนรู้ไว้ดังนี้

1. ขั้นการศึกษาสำรวจ (Exploration) เป็นขั้นที่ครูเตรียมปัญหา หรือสถานการณ์ที่เพิ่มความท้าทาย และความน่าสนใจในการหาคำตอบ นักเรียนทำการลงมือปฏิบัติควบคู่พร้อมกับการคิด นักเรียนจัดการข้อมูลหรืออุปกรณ์ที่ได้มาเป็นลำดับแรก และใช้ทรัพยากรความรู้จากตำราหนังสือหรือการเข้าถึงอินเตอร์เน็ท จนนำไปสู่การสร้างความรู้ที่ผ่านการวิเคราะห์ในเบื้องต้น ขั้นนี้สามารถยืดหยุ่นเนื้อหาในบทเรียนได้ตามความเหมาะสมของเวลา

2. ขั้นการสืบสอบเพื่อเข้าถึงความรู้ (Inquiry and acquisition) เป็นขั้นเข้าถึงความรู้หรือมโนทัศน์ที่เข้มข้นมากขึ้น โดยการจัดเตรียมและการแนะนำจากครู เช่น ครูทำการสาธิตการทดลองหรือปฏิบัติการ นำเสนอข้อมูลที่ถูกต้อง หรือการเข้าถึงมโนทัศน์ใหม่ ๆ เกี่ยวกับสิ่งนั้นพร้อมอธิบายในสิ่งที่จำเป็น ทำหน้าที่ดูแลนักเรียนอย่างทั่วถึง และเป็นผู้ที่ตอบปัญหาของนักเรียนได้อย่างชัดเจน ทำให้นักเรียนเข้าใจบทเรียนมากที่สุด และสร้างเป็นมโนทัศน์ที่ถูกต้อง ซึ่งส่งผลให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ในขั้นต่อไปได้

3. ขั้นการค้นพบและนำความรู้ไปใช้ (Discovery and application) เป็นขั้นที่นักเรียนมีการค้นพบความรู้อีกครั้งจากประเด็น หรือสถานการณ์อื่นที่ใกล้เคียงเพิ่มเติม ครูสนับสนุนให้นักเรียนได้ลงมือหาข้อมูลด้วยตนเอง ซึ่งครูเตรียมข้อมูลที่เป็นมโนทัศน์และความรู้เพิ่มเติม และให้คำแนะนำนักเรียนได้ตลอดเวลา ขั้นนี้ทำให้นักเรียน มีทัศนคติที่ดีต่อการเรียนวิทยาศาสตร์มากขึ้น และสามารถนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องไปใช้ต่อได้

แคมป์เบล (Campbell, 1982, pp. 1-3) ได้อธิบายสรุปเกี่ยวกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนววงจรการเรียนรู้ไว้ดังนี้

1. ขั้นการศึกษาสำรวจ (Exploration) เป็นขั้นการเรียนการสอนที่มีการแนะนำ และกำหนดประเด็นคำถามจากครู เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนทำการศึกษาสำรวจอย่างอิสระ และได้เรียนรู้ตามประสบการณ์ของตนเอง กิจกรรมส่งเสริมให้นักเรียนได้แลกเปลี่ยนความรู้ซึ่งกันและกัน จากประสบการณ์รูปธรรมไปสู่การประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ใหม่ที่เกิดจากการคาดเดา หรือทำนายจากพื้นฐานความรู้ของแต่ละคน

2. ขั้นการสร้างความรู้ (Invention) เป็นขั้นการเรียนการสอนที่นำความรู้แบบรูปธรรมจากการศึกษาสำรวจมาแลกเปลี่ยนเรียนรู้ในมโนทัศน์ และหลักการที่ถูกต้องตามหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ นักเรียนและครูทำการอภิปรายแสดงความคิดเห็นร่วมกัน ครูส่งเสริมให้นักเรียนได้รับมโนทัศน์ที่ถูกต้อง และส่งเสริมความมั่นใจของนักเรียนในการเรียนรู้ของตนเองมากขึ้น

3. ขั้นการสร้างนำความรู้ไปใช้ (Application) เป็นขั้นการเรียนการสอนที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้นำมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้มาแล้วไปประยุกต์ใช้กับกิจกรรมอื่น ๆ หรือเป็นประเด็นที่ไม่เคยเห็นหรือได้ยินมาก่อน อาจเป็นกิจกรรมที่สอดคล้องกับประสบการณ์เดิมของนักเรียน โดยส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์ด้วยตนเอง ครูให้คำแนะนำ และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้รับความรู้อย่างเต็มความสามารถในขอบเขตของวิชาการที่ถูกต้อง

นอกจากนี้ มาเรค (Marek, 2008, pp. 63-66) ได้อธิบายสรุปเกี่ยวกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนววงจรการเรียนรู้ไว้ดังนี้

1. ขั้นการศึกษาสำรวจ (Exploration) เป็นขั้นที่นักเรียนทำการสำรวจ ค้นคว้า ข้อมูลเพื่อทำการรวบรวม เปรียบเทียบ และตั้งคำถามจากประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนด้วยตนเอง นักเรียนมีการโต้ตอบจากการสังเกต (Observations) ครูเตรียมอุปกรณ์ และไม่ตัดสินว่าข้อมูลที่นักเรียนนำเสนอถูกหรือผิดจนกว่านักเรียนจะได้เรียนรู้เองจากความผิดพลาด

2. ขั้นการพัฒนามโนทัศน์ (Concept development) เป็นขั้นการเรียนที่นักเรียนได้รับความรู้ที่เป็นมโนทัศน์อย่างถูกต้องผ่านการอภิปรายผลร่วมกันทั้งครูและนักเรียน เพื่อนำเสนอเป็นค่าสถิติ เช่น แผนภูมิ กราฟ เป็นต้น นักเรียนมีการตีความหมายข้อมูล ครูทำหน้าที่อำนวยความสะดวก และนำเสนอเนื้อหาความรู้ที่ถูกต้องแก่นักเรียน พร้อมสร้างมโนทัศน์ที่ถูกต้องร่วมกัน

3. ขั้นการขยายความรู้ (Expansion) เป็นขั้นที่นักเรียนต้องสามารถนำมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้อธิบาย และขยายความรู้เพิ่มเติมจากเดิม ซึ่งกิจกรรมดำเนินแบบมีการลงมือปฏิบัติ ศึกษาและสำรวจอีกครั้ง โดยยึดเนื้อหาวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง นักเรียนได้เรียนรู้ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และมีความรู้ด้านคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์มาก่อน จนสามารถค้นพบความรู้ใหม่ที่สอดคล้องกับมโนทัศน์เดิมที่นักเรียนมีอยู่แล้ว

จากการศึกษาแนวคิดของนักการศึกษาหลายท่านเกี่ยวกับขั้นตอนวิธีตามแนววงจรการเรียนรู้ สามารถสรุปเปรียบเทียบและแสดงดังตารางที่ 2 ดังนี้

ตารางที่ 2 การเปรียบเทียบแนวคิดของการเรียนสอนวิทยาศาสตร์ตามแนววงจรการเรียนรู้

ลำดับขั้นตอน	**แนวคิดของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนววงจรการเรียนรู้**				
	คาร์พลัสและคณะ (1977)	**ลอร์สัน** (1995)	**อาบรัสคาโต** (2004)	**แคมป์เบล** (2007)	**มาเรค** (2008)
1	การศึกษาสำรวจ (Exploration)	การศึกษาสำรวจ (Exploration)	การศึกษาสำรวจ (Exploration)	การศึกษาสำรวจ (Exploration)	การศึกษาสำรวจ (Exploration)
2	การสร้างมโนทัศน์ (Concept invention)	การสร้างมโนทัศน์ (Term introduction)	การสืบสอบเพื่อเข้าถึงความรู้ (Inquiry and acquisition)	การสร้างความรู้ (Invention)	การพัฒนามโนทัศน์ (Concept development)
3	การนำมโนทัศน์ไปใช้ (Concept application)	การนำมโนทัศน์ไปใช้ (Concept application)	การค้นพบ และนำความรู้ไปใช้ (Discovery and application)	การนำความรู้ไปใช้ (Application)	การขยายความรู้ (Expansion)

จากตารางที่ 2 กล่าวสรุปแนวคิดของการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ได้ดังนี้

ขั้นการศึกษาสำรวจ เป็นขั้นที่ทบทวนความรู้เดิมของนักเรียน ครูทำการเตรียมปัญหาหรือสถานการณ์ โดยเพิ่มความท้าทายและความน่าสนใจของกิจกรรม นักเรียนจัดการกับข้อมูลหรืออุปกรณ์ที่ได้มา ศึกษา สำรวจ ลงมือปฏิบัติ และรวบรวมข้อมูลจากแหล่งต่าง ๆ แล้วนำเสนอผลจากการศึกษาสำรวจ ทำให้นักเรียนเกิดความสงสัยในประเด็นที่ต้องการหาคำตอบ สามารถให้เหตุผลในการสนทนา และอภิปรายระหว่างร่วมกัน

ขั้นการสร้างความรู้ เป็นขั้นที่มีสร้างมโนทัศน์ที่ลึกมากขึ้น ครูกระตุ้นให้นักเรียนได้ค้นพบความรู้ให้มากที่สุด เช่น การแนะนำคำศัพท์ กฎ ทฤษฎี ครูทำการสาธิต การทดลอง หรืออธิบายขยายความในมโนทัศน์ และความรู้ใหม่ที่ชัดเจน จนนักเรียนสามารถสร้างความสัมพันธ์ เชื่อมโยงความรู้ และความคิดของตน เน้นให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ และเข้าใจบทเรียนมากที่สุด

ขั้นการนำความรู้ไปใช้ เป็นขั้นที่นักเรียนต้องลงมือปฏิบัติอีกครั้ง เพื่อนำมโนทัศน์ที่ได้รับไปอธิบายหรือสรุปอ้างอิงเพิ่มเติมในสถานการณ์ใหม่ รวมทั้งหาแนวทางในการแก้ปัญหาอย่างเหมาะสม เป็นการเรียนแบบทบทวนซ้ำ และเปิดโอกาสให้นักเรียนที่เรียนช้าเข้าใจมากขึ้น ครูต้องนำเสนอประเด็นหรือสถานการณ์ที่น่าสนใจ เช่น เหตุการณ์ใกล้ตัวหรือในชีวิตประจำวัน เป็นต้น

ประโยชน์ของการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนววงจรการเรียนรู้

การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนววงจรการเรียนรู้ นอกจากส่งเสริมให้นักเรียนทำการสืบสอบ เพื่อให้เข้าใจการทำงาน และวิธีการคิดของนักวิทยาศาสตร์แล้ว ยังสามารถส่งเสริมให้นักเรียนสามารถควบคุมการเรียนรู้ด้วยตนเองจากการสร้างมโนทัศน์ และพัฒนาการให้เหตุผลที่ถูกต้อง อีกทั้งยังมีประโยชน์ (Lawson, 1995, pp. 134-135) ดังนี้

1. ส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้ และสร้างมโนทัศน์ที่ถูกต้อง

2. ส่งเสริมการคิด ซึ่งช่วยพัฒนาพุทธิปัญญาของนักเรียนให้ไปสู่การคิดแบบนามธรรม

3. เป็นวิธีการเรียนการสอนที่เหมาะสมกับทุกระดับชั้น ตั้งแต่ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น มัธยมศึกษาตอนปลาย และอุดมศึกษา

4. ส่งเสริมเจตคติ ความสามารถในการสืบสอบ พัฒนาสติปัญญา พัฒนาภาษาที่ใช้ในการสร้างมโนทัศน์ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการให้เหตุผล

5. ส่งเสริมให้นักเรียนได้เรียนรู้เกี่ยวกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีความคงทนของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์

6. เปิดโอกาสให้นักเรียนเรียนรู้ด้วยการลงมือปฏิบัติ ให้โอกาสนำเสนอความรู้ โต้แย้ง แสดงความคิดเห็นและเหตุผล ตลอดจนตรวจสอบความคิดเห็นระหว่างนักเรียนด้วยกันเอง

สรุปได้ว่า ประโยชน์ของตามแนววงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ สืบสอบ ค้นคว้าข้อมูลด้วยตนเอง และพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผล การคิด และแสดงความคิดเห็นอย่างเต็มที่ ส่งเสริมพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียนอย่างเต็มความสามารถตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคล

การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (Scientific argumentation)

ความหมายของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ไดรเวอร์และคณะ (Driver et al., 2000, p. 290) กล่าวว่า การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เป็นกระบวนการทางสังคมที่นักวิทยาศาสตร์มีการนำเสนอสิ่งที่ได้จากการสังเกต หรืออ้างอิงจากทฤษฎีด้วยการจัดการกับหลักฐาน ผ่านการนำเสนอในรูปของการโต้แย้ง

นอร์ริสและคณะ (Norris et al., 2007 cited in Sampson et al., 2013, p. 30) ให้ความหมายของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นความสามารถของแต่ละบุคคลในการพยายามสนับสนุน หรือยืนยันข้อกล่าวอ้างของตนเอง โดยอยู่บนพื้นฐานของหลักฐานที่มี

ดอร์สันและเวนไวท์ (Dawson & Venville, 2010, p. 135) ได้อธิบายความหมายของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นการยืนยันข้อกล่าวอ้างด้วยการพิสูจน์ข้อเท็จจริงโดยทำการลงข้อสรุป ที่ได้รับการสนับสนุนจากเหตุผลผ่านกระบวนการทำงานกลุ่ม แลกเปลี่ยนและทำการวิพากษ์วิจารณ์ และประเมินแนวคิด เพื่อสามารถใช้ในการนำเสนอต่อผู้อื่นได้

แซมซันและชเลท (Sampson & Schleigh, 2012 p. 4) ได้อธิบายความหมายเกี่ยวกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เป็นการนำเสนอข้อมูลในรูปของข้อกล่าวอ้างอย่างน่าเชื่อถือ และอยู่บนพื้นฐานของเหตุผล ข้อกล่าวอ้างนั้นมิใช่แค่ความคิดเห็นทั่วไปหรือการเดาคำตอบได้ แต่ต้องสามารถอธิบาย และมีหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่เพียงพอให้ผู้อื่นยอมรับได้

แซมซันและคณะ (Sampson et al., 2011, pp. 220-223) กล่าวสรุปว่าการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นรูปแบบของการแสดงออกโดยใช้เหตุผลของแต่ละบุคคล อาจเป็นส่วนบุคคล หรือกิจกรรมทางสังคมที่แสดงออกทางความคิด วาจา การกระทำที่มีเหตุผล โดยมีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างความรู้ ด้วยการตัดสินจากข้อสรุป

ลีเวนลิน (Llewellyn, 2013, pp. 19-20) ให้ความหมายของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นการนำเสนอข้อมูลที่ได้จากการสืบสอบ ในรูปของข้อคำถาม ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน การอธิบาย และการพิสูจน์แย้ง โดยประเด็นเกิดจากการสังเกตปรากฏการณ์ หรือเกิดจากเหตุการณ์ที่ความคิดไม่ตรงกัน

เอกภูมิ จันทรขันตี (2559, หน้า 220) กล่าวว่าการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ไว้ว่า เป็นความพยายามในการสร้างความถูกต้อง และความน่าเชื่อถือให้กับข้อกล่าวอ้างที่อยู่บนพื้นฐานของหลักฐานและการให้เหตุผล มีจุดมุ่งหมายเพื่อสร้างองค์ความรู้ใหม่ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง

สรุปได้ว่า การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง การที่บุคคลแสดงออกด้วยการโต้ตอบต่อบุคคลอื่น โดยนำเสนอข้อมูลในรูปของข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล เมื่อมี

ความเห็นที่คล้อยตามหรือไม่เห็นด้วยต่อประเด็นที่กำลังอภิปรายร่วมกัน เพื่ออธิบายหรือพิสูจน์แย้งตามกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ จนได้ข้อสรุปที่เป็นมโนทัศน์ร่วมกัน

ความสำคัญของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ดักกลาสและวิกเตอร์ (Douglas & Victor , 2007, pp. 2-4) กล่าวสรุปไว้ว่า การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ช่วยพัฒนาความสามารถของนักเรียนในการสร้างข้อกล่าวอ้าง และการให้เหตุผลที่สนับสนุนความเชื่อทางวิทยาศาสตร์ เป็นตัวช่วยให้นักเรียนเข้าใจวิธีการสร้างความรู้ การอธิบาย และการประเมินความรู้ ซึ่งนำไปสู่เป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์

คณะกรรมการวิจัยแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (NRC, 2007 cited in Levin et al., 2012, p. 47) ได้ระบุไว้ว่า การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนสามารถขยายความสมมติฐานทางวิทยาศาสตร์ และช่วยให้นักเรียนกล้าถกเถียงในประเด็นที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และยังส่งผลให้นักเรียนเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

แซมซันและชเลท (Sampson & Schleigh, 2012 p. 4) ได้อธิบายสรุปไว้ว่า การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ช่วยให้นักเรียนได้ฝึกฝนการให้เหตุผลในสิ่งจำเป็นต่อการเรียนวิทยาศาสตร์ ช่วยส่งเสริมสมรรถนะของนักเรียนในด้านการสื่อสาร การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการรู้คิด

ลีเวนลิน (Llewellyn, 2013, pp. 19-20) ได้อธิบายสรุปไว้ว่า การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาทักษะการคิดอย่างมีวิจารณญาณ การสนับสนุนข้อมูล การวิพากษ์ การกลั่นกรอง การแสดงข้อเท็จจริง และการอธิบายประเด็นที่ต้องการนำเสนอ จากการสังเกต และวิเคราะห์ข้อมูลที่เป็นหลักฐานของตนเอง และสร้างเป็นข้อกล่าวอ้าง เพื่ออธิบายความสัมพันธ์ของข้อมูลให้เป็นกระบวนการต่อเนื่อง

ออสบอร์น (Osborn et al., 2012 อ้างถึงใน เอกภูมิ จันทรขันตี, 2559, หน้า 224-225) ได้อธิบายว่า การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ช่วยพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และฝึกการตัดสินใจของนักเรียน ซึ่งผ่านการตรวจสอบความถูกต้องเกี่ยวกับความรู้ทางวิทยาศาสตร์

สุคนธ์ สินธพานนท์ (2558, หน้า 204) ได้อธิบายว่า การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ช่วยให้นักเรียนได้พัฒนาการเสนอความคิดเห็นของตนเอง โดยจะต้องเสนอความคิดเห็นที่เป็นข้อเท็จจริงที่ชัดเจน ตรงประเด็น มีเหตุผลและหลักฐานประกอบเพื่อให้น่าเชื่อถือ ไม่ควรใช้ความรู้สึกส่วนตัวเสนอความคิดจะทำให้เป็นการโต้เถียง และไม่เกิดประโยชน์

สรุปได้ว่า การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ช่วยพัฒนาความสามารถของนักเรียน โดยผ่านการสร้างข้อกล่าวอ้าง และสร้างเหตุผลสนับสนุนหลักฐานของตนเอง ที่ได้มาจากการสังเกต รวบรวม วิเคราะห์ผลของข้อมูล พัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และกระบวนของ

การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การรู้คิด และการสื่อสารของนักเรียน

องค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

เบอแลนด์และไรเซอร์ (Berland & Reiser, 2008, pp. 33-35) ได้อธิบายสรุปไว้ว่า การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ มีองค์ประกอบ 3 ด้าน ดังนี้

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claim) เป็นข้อความที่ใช้ตอบคำถาม ซึ่งสามารถอธิบายหรือระบุที่มาของปัจจัยต่าง ๆ นอกจากนี้หลักฐานและการให้เหตุผล ยังเป็นสิ่งที่ช่วยยืนยันความน่าเชื่อถือของข้อกล่าวอ้างที่เกี่ยวข้องกับการอธิบายข้อมูลทางวิทยาศาสตร์

2. หลักฐาน (Evidence) เป็นข้อมูลที่นักวิทยาศาสตร์ยึดถือเป็นเกณฑ์ในการตัดสินจากทฤษฎีที่ค้นพบ และช่วยยืนยันข้อกล่าวอ้าง หรือข้อเท็จจริงที่ได้จากอภิปราย

3. การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นกุญแจที่ช่วยสนับสนุนการสืบสอบของข้อมูล จากการทำกิจกรรมด้วยการลงมือปฏิบัติให้มีความสอดคล้องกัน และยังส่งเสริมให้นักเรียนสามารถเชื่อมโยง และจัดลำดับหลักฐานกับข้อกล่าวอ้างด้วยผ่านการนำเสนอพร้อมอธิบายขยายผล

ดอร์สันและเวนไวท์ (Dawson & Venvile, 2010, pp. 134-135) ได้อธิบายสรุปไว้ว่า การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ มีองค์ประกอบ 5 ด้าน ดังนี้

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claims) เป็นประโยคสรุปที่ได้จากการอนุมานจากข้อเท็จจริง โดยข้อกล่าวอ้างอาจอยู่ในรูปของข้อสรุป ข้อเสนอ หรือคำยืนยัน

2. ข้อมูล (Data) เป็นข้อมูลที่เป็นหลักฐานได้จากการสำรวจหรือค้นหา โดยอาจอยู่ในรูปข้อมูลทางสถิติ หรือการอธิบายข้อพิจารณาเปรียบเทียบจากผู้เชี่ยวชาญ

3. ข้อยืนยัน (Warrants) เป็นคำอธิบายเพื่อแสดงเหตุผลในการประเมินข้อมูล เพื่อให้หลักฐานนั้นเป็นที่จำเป็น และเพียงพอที่จะนำไปสู่การนำไปใช้เป็นข้ออ้างต่อไป

4. หลักฐานสนับสนุน (Backing) เป็นข้อมูลที่ใช้สนับสนุน ยืนยัน หรือตรวจพิสูจน์กล่าวอ้างของตนเอง เพื่อให้มีน้ำหนักและความน่าเชื่อถือมากขึ้น

5. ข้อคัดค้าน (Rebuttals) เป็นข้อความที่เกิดขึ้นเมื่อเงื่อนไขที่ไม่ตรงกันกับข้อกล่าวอ้าง โดยทำการโต้แย้งกลับต่อบุคคลที่เสนอข้อกล่าวอ้างที่ตนเองไม่เห็นด้วย

ลินและมินท์ (Lin & Mintzes, 2010 อ้างถึงใน เอกภูมิ จันทรขันตี, 2559, หน้า 222-223) ได้อธิบายสรุปไว้ว่าการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มีองค์ประกอบ 4 ด้าน ดังนี้

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claims) เป็นการนำเสนอผลที่ได้จากการศึกษา ค้นคว้า ทดลอง หรือเป็นการนำเสนอความคิดเห็นของตนเองต่อประเด็น ซึ่งกำลังเป็นที่ศึกษาและพิจารณาอยู่

2. ข้อยืนยัน (Warrant) เป็นการใช้เหตุผลแสดงความสัมพันธ์ และสนับสนุนให้ข้อกล่าวอ้างมีความน่าเชื่อถือ ข้อยืนยันนี้อาจได้จากการโต้แย้ง หรือการคัดค้านจากบุคคลอื่น

3. หลักฐาน (Evidence) เป็นการเสนอข้อเท็จจริง ซึ่งอาจได้มาจากสังเกตปรากฏการณ์ต่าง ๆ ที่ผ่านประสาทสัมผัสทั้ง 5 หรือข้อมูลที่ได้จากการทดลองที่มีความน่าเชื่อถือ โดยสามารถทำการทดลองซ้ำแล้วได้ผลเช่นเดียวกับผลที่นำเสนอ

4. ข้อคัดค้าน (Rebuttal) เป็นการโต้แย้ง หรือให้ข้อกล่าวอ้างที่ต่างออกไป เพื่อให้มีความน่าเชื่อถือลดลง โดยการหาหลักฐานและการให้เหตุที่มีความน่าเชื่อถือมากกว่ามาสนับสนุน

ลิเวนลินและราเจช (Llewellyn & Rajesh, 2011, pp. 22-28) ได้อธิบายสรุปไว้ว่าการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ มีองค์ประกอบ 4 ด้าน ดังนี้

1. ข้อมูล (Data) เป็นสิ่งที่ได้จากการรวบรวม บันทึก และการสังเกต (Observation)

2. ข้อกล่าวอ้าง (Claims) เป็นข้อมูลที่ตอบคำถาม และยืนยันข้อสรุป โดยข้อกล่าวอ้างที่ดีต้องได้รับการสนับสนุนจากหลักฐานที่มีความเชื่อถือ

3. หลักฐาน (Evidence) เป็นข้อมูลที่สรุปได้จากการสังเกต เพื่อนำมายืนยัน และปกป้องข้อกล่าวอ้างของตนเอง หลักฐานสามารถใช้หักล้างข้อกล่าวอ้างของฝ่ายตรงข้าม

4. การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นการใช้เหตุผลเพื่อเชื่อมโยง สนับสนุน และนำเสนอหลักฐานของตนเองให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น

แซมสันและชเลท (Sampson & Shleigh, 2012, pp. 4-6) ได้อธิบายสรุปไว้ว่าการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ มีองค์ประกอบ 3 ด้าน ดังนี้

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claims) เป็นองค์ประกอบที่นักเรียนสร้าง หรือหาคำตอบจากคำถามการสำรวจ โดยคำถามจะเป็นตัวชี้นำไปสู่การตรวจสอบ และหาคำตอบได้

2. หลักฐาน (Evidences) เป็นองค์ประกอบที่ได้จากการวัดและสังเกต มาใช้สนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ซึ่งอาจแสดงในรูปแนวโน้ม ความแตกต่าง หรือความสัมพันธ์ระหว่างตัวแปร

3. หลักฐานสนับสนุน (A justification of the evidence) เป็นองค์ประกอบที่แสดงให้เห็นว่าหลักฐานที่นำมาใช้ สามารถสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง และการโต้แย้งได้

จากการศึกษาเกี่ยวกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยสามารถสรุปองค์ประกอบสำคัญที่เกี่ยวข้อง ดังตารางที่ 3 ต่อไปนี้

ตารางที่ 3 การเปรียบเทียบองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

นักการศึกษา	องค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์						
	ข้อกล่าวอ้าง	**ข้อมูล**	**ข้อยืนยัน**	**หลักฐาน**	**หลักฐานสนับสนุน**	**การให้เหตุผล**	**ข้อคัดค้าน**
เบอแลนด์และไรเซอร์ (2008)	✓			✓		✓	
ดอร์สันและเวนไวท์ (2010)	✓	✓	✓		✓		✓
ลินและมินท์ (2010)	✓		✓	✓			✓
ลิเวนลินและราเจช (2011)	✓	✓		✓		✓	
แซมซันและชเลท (2012)	✓			✓	✓		

จากตารางที่ 3 พบว่าองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง ข้อมูล ข้อยืนยัน หลักฐาน หลักฐานสนับสนุน การให้เหตุผล และข้อคัดค้าน ครั้งนี้ผู้วิจัยสนใจนำองค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มาประยุกต์ใช้จำนวน 3 ด้าน ได้แก่

1. ข้อกล่าวอ้าง (Claims) เป็นข้อความที่สร้างขึ้น โดยอ้างอิงจากสมมติฐาน หรือการคาดคะเนทางวิทยาศาสตร์ ผ่านการเก็บรวบรวมข้อมูลจากกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งข้อกล่าวอ้างที่ดีต้องได้รับการสนับสนุนจากหลักฐานที่น่าเชื่อถือ

2. หลักฐาน (Evidence) เป็นข้อมูลที่ได้จากสังเกต และรวบรวมจาก หลักการ กฎ ทฤษฎี หรือความรู้ทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้อง อาจแสดงในรูปของความสัมพันธ์หรือค่าสถิติ เพื่อใช้ยืนยันและปกป้องข้อกล่าวอ้าง ซึ่งหลักฐานที่ดีต้องสามารถสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองได้

3. การให้เหตุผล (Reasoning) เป็นข้อความที่นำเสนอออกมาในรูปของการเขียน หรือการพูดอธิบาย และแสดงความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐาน เพื่อยืนยันความน่าเชื่อถือและให้เกิดการยอมรับ

แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

คณะกรรมการวิจัยแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (NRC, 2000, p. 25) ได้เสนอแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

1. นักเรียนควรได้รับการกระตุ้นจากคำถามที่เป็นประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์
2. นักเรียนควรมีการจัดลำดับความสำคัญของหลักฐานที่นำมาตอบคำถามของปัญหา
3. นักเรียนควรมีการวางแผนการอธิบายขยายความจากหลักฐานที่นำเสนอ
4. นักเรียนควรมีการอธิบายขยายความ และเชื่อมโยงความรู้ด้านวิทยาศาสตร์
5. นักเรียนควรมีการสื่อสาร และแสดงการอธิบายข้อมูลที่หลากหลาย

ดอร์สันและเวนไวท์ (Dawson & Venvile, 2010, pp. 20-22) เสนอการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ควรมีแนวทาง ดังนี้

1. ครูควรมีการสนทนา รับฟังความคิดเห็นจากนักเรียน และเปิดโอกาสให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นอย่างอิสระต่อประเด็นที่กำลังสนทนา เป็นการสะท้อนความรู้เดิมของนักเรียน
2. นักเรียนควรมีการเรียนรู้ และเข้าใจความหมายขององค์ประกอบ ตลอดจนเข้าใจบทบาทของตนเองในการดำเนินกิจกรรมการโต้แย้ง
3. นักเรียนควรกำหนดมุมมอง หรือประเด็นที่จะโต้แย้ง การสนทนาทำให้เกิดมุมมองและประเด็นที่หลากหลาย ครูมีหน้าที่นำนักเรียนเข้าสู่ประเด็นที่เรียนรู้ในขอบเขตที่กำหนด
4. นักเรียนควรมีการแสดงเหตุผลโดยการใช้หลักฐานยืนยัน ต้องทำการวางแผนและออกแบบการทดลอง ตรวจสอบ และค้นหา เพื่อให้ได้ข้อมูลมาใช้เพื่อเป็นหลักฐาน
5. นักเรียนควรมีการสร้างข้อโต้แย้ง ซึ่งเป็นการนำเสนอข้อกล่าวอ้าง โดยใช้หลักฐานเพื่อให้เหตุผลในการอธิบายความสัมพันธ์ระหว่างหลักฐาน และข้อกล่าวอ้าง
6. นักเรียนควรมีขั้นปกป้องข้อกล่าวอ้างของตนด้วยการโต้แย้งกลับ หากฝ่ายตรงข้ามไม่เห็นด้วย หรือมีการนำเสนอแนวทางที่แตกต่าง
7. ครูและนักเรียนควรมีการสะท้อนผลของกระบวนการโต้แย้งจากการเรียนรู้ในครั้งนี้

ลีเวนลินและราเจช (Llewellyn & Rajesh, 2011, pp. 23-27) ได้เสนอแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. ครูควรมีการนำเข้าสู่บทเรียนด้วยกันร่วมกันอภิปราย เพื่อสร้างความสนใจและความอยากรู้อยากเห็นของนักเรียน ด้วยการตั้งคำถามและข้อกล่าวอ้าง
2. นักเรียนควรทำการทดลอง สืบค้นข้อมูล และนำไปวิเคราะห์เพื่อใช้เป็นหลักฐาน
3. นักเรียนควรต้องบันทึกข้อมูลตั้งแต่เริ่มการเรียนการสอนในแบบบันทึกของตนเอง

4. นักเรียนควรมีการอภิปรายรายกลุ่ม เพื่อเตรียมนำเสนอข้อมูลที่ใช้ในการโต้แย้ง

5. นักเรียนควรมีการนำเสนอสิ่งที่ศึกษาจากข้อมูลที่มีการบันทึก ตลอดจนชี้ให้เห็นถึงจุดแข็ง และข้อจำกัดของข้อมูลที่นักเรียนค้นคว้ามา

แซมซันและชเลท (Sampson & Schleigh, 2012, pp. 14-20) ได้เสนอแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ดังนี้

1. ครูควรมีการระบุปัญหา เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนค้นหาคำตอบของปัญหา และพิสูจน์จากคำถาม พร้อมมีการบันทึกภาพระหว่างทำกิจกรรม และทำการอภิปรายร่วมกัน

2. นักเรียนมีการสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว แต่ละกลุ่มต้องหาข้อมูล และเหตุผลประกอบเพื่อนำใช้ในการโต้แย้ง โดยนำเสนอออกมาในรูปการพูดหรือการเขียน

3. นักเรียนโต้แย้ง และนำเสนอผลงานผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ พร้อมประเมินข้อมูลทุกกลุ่มจากหลักฐาน และการให้เหตุผลควบคู่ ครูควรส่งเสริมให้นักเรียนกล้าโต้แย้งมากขึ้น

4. นักเรียนควรมีการสะท้อนการโต้แย้ง เป็นการปรับปรุงการให้เหตุผลของตนเอง

5. ครูและนักเรียนควรการประเมินข้อโต้แย้ง โดยนักเรียนต้องนำเสนอข้อโต้แย้งข้อคิดเห็น และให้เหตุผลผ่านการเขียน ส่วนครูตรวจสอบงานและให้คะแนน เพื่อประเมินนักเรียน

มาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ประเทศสหรัฐอเมริกา (NSES, 1996 cited in Llewellyn, 2013, pp. 22-23) ได้เสนอแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ดังนี้

1. นักเรียนควรมีการใช้หลักฐาน มีกลยุทธ์ในการพัฒนา และปรับปรุงการอธิบายได้

2. นักเรียนควรมีการใช้การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ พร้อมกับมีการอธิบายขยายความ

3. นักเรียนควรมีการสื่อสารทางวิทยาศาสตร์ พร้อมกับมีการอธิบายขยายความเชิงวิทยาศาสตร์

4. นักเรียนต้องวิเคราะห์ และสังเคราะห์ข้อมูลเป็นกลุ่มหลังจากได้สรุปผลแล้ว

5. นักเรียนสามารถประยุกต์ผลที่ได้จากการปฏิบัติ พร้อมทำการอธิบายขยายความ

6. นักเรียนควรมีการสื่อสารข้อมูล และความคิดเห็นของกลุ่มตนเองหน้าชั้นเรียน

จากแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์สามารถเปรียบเทียบได้ดังตารางที่ 4 ต่อไปนี้

ตารางที่ 4 การเปรียบเทียบแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

คณะกรรมการวิจัยแห่งประเทศสหรัฐอเมริกา (2000)	**ดอร์สันและเวนไวท์** (2010)	**ลีเวนลินและราเจช** (2011)	**แซมซันและชเลท** (2012)	**มาตรฐานการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ประเทศสหรัฐอเมริกา** (2013)
การกระตุ้นจากคำถาม	การสนทนาและรับฟัง	การนำเข้าสู่บทเรียน	การระบุปัญหาเสนอคำถาม	การใช้หลักฐานและกลยุทธ์
การจัดลำดับความสำคัญของหลักฐาน	การทำความเข้าใจความหมายการโต้แย้ง	การวางแผนทดลองสืบค้น	การสร้างข้อโต้แย้งชั่วคราว	การโต้แย้งพร้อมขยายความ
การวางแผนขยายความหลักฐาน	การกำหนดมุมมองประเด็นการโต้แย้ง	การบันทึกข้อมูล	การโต้แย้ง	การสื่อสารทางวิทยาศาสตร์
การเชื่อมโยงความรู้ทางวิทยาศาสตร์	การระบุหลักฐาน	การอภิปรายกลุ่ม	การสะท้อนข้อโต้แย้ง	การวิเคราะห์ และสังเคราะห์ข้อมูล
การสื่อสาร และนำเสนอข้อมูล	การสร้างข้อโต้แย้ง	การนำเสนอสิ่งที่ศึกษา	การประเมินข้อโต้แย้ง	การประยุกต์ผลจากการลงมือปฏิบัติ
	การปกป้องข้อกล่าวอ้างของตนเอง			การนำเสนอข้อมูลหน้าชั้นเรียน
	การสะท้อนการโต้แย้ง			

จากตารางที่ 4 พบว่าแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ สามารถสรุปแนวคิดสำคัญที่ผู้วิจัยสามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้ดังภาพที่ 1 ต่อไปนี้

1. เข้าสู่บทเรียนโดยกระตุ้น นำเสนอประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์ที่น่าสนใจ
2. วางแผน ทำความเข้าใจกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยรวบรวมข้อมูลจากการทดลอง สืบค้น ลงมือปฏิบัติ แล้วนำมาสร้างเป็นข้อกล่าวอ้างของตนเอง
3. รวบรวมหลักฐานที่เป็นข้อมูลสำคัญ พร้อมทำการเชื่อมโยงทางวิทยาศาสตร์ เพื่อนำมากำหนดมุมมองของการนำเสนอข้อกล่าวอ้างให้น่าเชื่อถือ
4. วิเคราะห์ และสะท้อนการโต้แย้ง พร้อมสามารถให้เหตุผลขัดแย้งเมื่อไม่เห็นด้วย
5. ประเมินและประยุกต์ใช้ข้อโต้แย้ง โดยสามารถปกป้องข้อกล่าวอ้างของตนเองได้
6. สะท้อนการโต้แย้ง และนำเสนอประเด็นทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องได้

ภาพที่ 1 แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยใช้การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

การเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

การเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เป็นการเรียนการสอนชีววิทยาที่ส่งเสริมให้นักเรียนได้ค้นพบความรู้ด้วยตนเอง จากการลงมือปฏิบัติศึกษาสำรวจ ภายใต้การใช้ข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน และการให้เหตุผล เพื่ออธิบายหรือพิสูจน์แย้งความน่าเชื่อถือ ประกอบไปด้วย 3 ขั้นตอนตามลำดับต่อเนื่องจนครบวงจร ดังนี้

ขั้นการศึกษาสำรวจ เป็นขั้นที่นักเรียนได้คิด วางแผน และลงมือปฏิบัติ เพื่อสืบสอบหาคำตอบจากประเด็นปัญหาหรือสถานการณ์ ทั้งนี้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็นโต้ตอบ เกี่ยวกับข้อมูลที่ได้มาอย่างมีเหตุผล เพื่อสร้างข้อกล่าวอ้างภายในกลุ่ม

ขั้นการสร้างความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็น โต้ตอบ และรวบรวมข้อมูลที่เป็นหลักฐานมากขึ้นเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่ค้นพบจากการศึกษาสำรวจ ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับกฎ หลักการ ทฤษฎี และคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อสรุปเป็นมโนทัศน์ชีววิทยา

ขั้นการนำความรู้ไปใช้ เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติอีกครั้ง เพื่อนำมโนทัศน์ที่เรียนรู้แล้วมาใช้อธิบาย ทำความเข้าใจ สรุปอ้างอิงไปยังสถานการณ์อื่นเพิ่มเติมอย่างมีเหตุผล บนพื้นฐานของหลักฐานและข้อมูลที่มี แล้วนักเรียนสรุปมโนทัศน์ชีววิทยาร่วมกัน

บทบาทของครู และนักเรียนในการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ 5 การเปรียบเทียบบทบาทของครู และนักเรียนในการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ขั้นตอนการเรียนการสอน	**บทบาทของครู**	**บทบาทของนักเรียน**
ขั้นการศึกษาสำรวจ	1. จัดเตรียมวัสดุอุปกรณ์ สื่อการสอนและข้อมูลต่าง ๆ 2. สังเกต และช่วยเหลือนักเรียน ซักถาม หรือให้คำแนะนำ	1. ออกแบบ วางแผน และทำการศึกษาตรวจสอบ 2. โต้ตอบ แลกเปลี่ยน แสดงความคิดเห็น สร้างข้อกล่าวอ้างของตนเองอย่างมีเหตุผล
ขั้นการสร้างความรู้	1. ซักถาม โต้ตอบ แลกเปลี่ยนความคิดเห็นกับนักเรียน 2. อธิบาย และแนะนำศัพท์ และหลักการทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้อง	1. นำความรู้ที่ได้มาเชื่อมโยงให้สัมพันธ์กับผลที่ได้จากการศึกษา ค้นคว้า สำรวจ 2. อภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น สร้างมโนทัศน์ชีววิทยา
ขั้นการนำความรู้ไปใช้	1. จัดเตรียมอุปกรณ์ สถานการณ์และข้อมูลต่าง ๆ เพิ่มเติมเกี่ยวกับมโนทัศน์ชีววิทยาที่ได้เรียนรู้ 2. สังเกต ซักถาม และอภิปรายร่วมกันกับนักเรียน	1. ลงมือปฏิบัติ นำมโนทัศน์หรือประสบการณ์ที่ได้เรียนรู้ 2. ให้เหตุผลเพิ่มเติม เพื่อสนับสนุนหลักฐานของตนเอง 3. สรุปมโนทัศน์ชีววิทยาที่ถูกต้อง

ความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ (Informal reasoning ability)

ความหมายของการให้เหตุผล (Reasoning)

ดอร์สันและเวนไวท์ (Dawson & Venville, 2010, p. 549) ให้ความหมายของการให้เหตุผลไว้ว่า เป็นการแสดงความคิดของแต่ละบุคคลเพื่อโต้แย้ง ซึ่งแต่ละบุคคลพยายามแสดงให้เห็นว่าข้อสรุปนั้นได้รับการสนับสนุนจากข้อมูลที่รับรองแล้ว เพื่อใช้ในการสร้างความเข้าใจร่วมกัน

ปรีชา ช้างขวัญยืนและคณะ (2550, หน้า 17) ให้ความหมายของการให้เหตุผลไว้ว่า เป็นการใช้ภาษาเพื่อให้เกิดความน่าเชื่อถือ และเพื่ออธิบายให้ผู้อื่นเข้าใจความคิดเห็นของตน การให้เหตุผลควรประกอบไปด้วย ข้อกล่าวอ้างและข้อสรุป และควรเชื่อมด้วยวลีที่บอกความสัมพันธ์ระหว่างประโยค เช่น ดังนั้น เพราะฉะนั้น เนื่องจาก เป็นต้น

ดวงดาว กีรติกานนท์ (2553, หน้า 1) เสนอว่า การให้เหตุผล เป็นกระบวนทางความคิดที่แสดงให้เห็นว่าเป็นข้อสรุปที่ดี เพราะเป็นที่ยอมรับและหลักฐานมาสนับสนุนเหตุผล สามารถเป็นเครื่องมือในการแสวงหาความรู้ และความก้าวหน้าในทางวิทยาการด้านต่าง ๆ ได้

วิชัย เสวกงาม (2557, หน้า 207) อธิบายว่าการให้เหตุผล เป็นความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผล และเป็นการแก้ปัญหาอย่างอิสระจากความรู้เดิมที่ได้มา การให้เหตุผลยังเป็นองค์ประกอบสำคัญของการพัฒนาองค์ความรู้ และช่วยพัฒนาความสามารถด้านอื่น

สิริพักตร์ แจ้งไพร (2558, หน้า 5) ให้ความหมายของการให้เหตุผลไว้ว่า เป็นความคิดอันเป็นหลักทั่วไปกฎเกณฑ์ รวมทั้งข้อเท็จจริงเกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ซึ่งเป็นเหตุผลอาจเกิดจากการนำเสนอการสังเกต การคาดคะเน คำวิงวอนหรือการตัดสินใจ

บุญยงค์ เกศเทศและคณะ (2551, หน้า 17-18) ให้ความหมายของการให้เหตุผลไว้ว่า เป็นกระบวนการทางความคิดที่พยายามแสดงให้เห็นประจักษ์ว่าข้อสรุปควรเป็นที่ยอมรับ ทำให้ผู้อื่นมีความเชื่อถือ และปราศจากข้อขัดแย้ง ทั้งนี้การใช้เหตุผลควรมีหลักฐานมาสนับสนุน

สรุปได้ว่า การให้เหตุผล เป็นกระบวนการทางความคิดของบุคคล ที่ใช้เพื่อพิจารณาหรืออธิบายเกี่ยวกับประเด็นที่กำลังให้ความสนใจ เพื่อแสดงจุดยืนของตนเอง และสามารถนำไปสู่การหาข้อสรุปที่ดีร่วมกัน การให้เหตุผลที่ดีควรประกอบด้วยข้อมูลหรือหลักฐานที่ยืนยันความน่าเชื่อถือโดยปราศจากอคติหรือข้อลำเอียง

ความหมายของการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ (Informal reasoning)

ดอร์สันและเวนไวท์ (Dawson & Venville, 2010, p. 954) ให้ความหมายของการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการไว้ว่า เป็นกระบวนการทางความคิดเกี่ยวข้องกับความรู้สึก โดยใช้ในการสื่อสาร เพื่อแก้ปัญหาและการตัดสินใจต่อประเด็นปัญหาที่ไม่มีโครงสร้างที่แน่นอน มีลักษณะเป็นข้อมูลปลายเปิด ไม่มีนิยามเฉพาะ และไม่มีคำตอบที่ตายตัวมีเพียงความเป็นไปได้ของคำตอบ

ตลอดจนการยอมรับหรือปฏิเสธต่อแนวคิดหรือวิธีการนั้น ๆ

แซดเลอร์ (Sadler, 2004, pp. 513-515) ให้ความหมายของการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการไว้ว่า เป็นกระบวนการทางความคิดที่เกี่ยวกับความรู้สึก การสื่อสาร และวิธีแก้ปัญหา เป็นการตัดสินใจต่อประเด็นปัญหาที่ไม่มีโครงสร้าง มีลักษณะปลายเปิด ไม่มีนิยาม และไม่มีคำตอบที่ตายตัว มีเพียงความเป็นเป็นไปได้ และเป็นการยอมรับหรือปฏิเสธต่อแนวคิดหรือวิธีการ

ออสบอร์นและแพททเทอร์สัน (Osborne & Patterson, 2011, p. 635) ให้ความหมายของการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการไว้ว่า เป็นรูปแบบการแสดงออกทางความคิดอย่างหนึ่ง เกิดจากการแสดงให้เห็นว่าข้อสรุปนั้นเป็นข้อกล่าวอ้างที่ได้รับการสนับสนุนจากข้อมูลที่น่าเชื่อถือ และสร้างความเข้าใจขณะที่พิจารณาประเด็นทางวิทยาศาสตร์กับสังคมด้วยวิธีการที่หลากหลาย

สรุปได้ว่า ความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ หมายถึง ความสามารถของนักเรียนในการนำเสนอความคิดเห็นในการตัดสินใจยอมรับหรือปฏิเสธ ต่อประเด็นคำถามหรือสถานการณ์ใดสถานการณ์หนึ่ง

ความสำคัญของการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ

มีนและวอส (Mean & Voss, 1996, pp. 13-17) ได้อธิบายเกี่ยวกับความสำคัญของการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการไว้ว่า ช่วยพัฒนาความสามารถในการสื่อสาร เป็นข้อมูลประกอบการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งการโต้แย้งต้องอาศัยหลักฐาน และเหตุผลที่น่าเชื่อถือ นอกจากนี้การให้ข้อมูล องค์ความรู้ และทักษะต่าง ๆ ที่มีความสัมพันธ์กันล้วนต้องอาศัยพื้นฐานของการให้เหตุผล

แซดเลอร์ (Sadler, 2004, p. 513) ได้กล่าวว่า การให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการเป็นการให้เหตุผลมีความเกี่ยวข้องกับการโต้แย้งทาง เพราะสามารถแสดงถึงความสัมพันธ์ระหว่างความเข้าใจมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์กับการตัดสินใจในประเด็นทางวิทยาศาสตร์ และยังเป็นการประเมินข้อมูลสารสนเทศ เพื่อนำไปใช้เป็นหลักฐานในการตัดสินใจในประเด็นปัญหาทางวิทยาศาสตร์ได้

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2556, หน้า 3) ได้อธิบายเกี่ยวกับความสำคัญของการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการไว้ว่า เป็นองค์ประกอบที่สำคัญของการคิดอย่างมีวิจารณญาณ ช่วยส่งเสริมกระบวนการคิดที่เชื่อมโยงเหตุ และผลที่เกิดขึ้นในการพิจารณาสถานการณ์ต่าง ๆ ด้วยความรอบคอบ ซึ่งมีข้อมูลหรือหลักฐานที่น่าเชื่อถือที่มาสนับสนุน เพื่อประเมินทางเลือกในการตัดสินใจ การให้เหตุผลมีบทบาทสำคัญในกระบวนการสร้าง และประเมินแนวคิดต่อการตัดสินใจในสถานการณ์ที่ซับซ้อนได้

สุรศักดิ์ อมรรัตนศักดิ์ (2553, หน้า 218) กล่าวว่า ความสำคัญของการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ เป็นเครื่องมือสำคัญในการแสวงหาความรู้ที่เกี่ยวข้องกับการดำเนินชีวิตของมนุษย์ คือ ใช้ตอบสนองความอยากรู้อยากเห็น เพราะการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ มักเกี่ยวข้องกับการตัดสินใจในเหตุการณ์ใดเหตุการณ์หนึ่ง

สรุปได้ว่า ความสำคัญของการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ เป็นพื้นฐานเบื้องต้นของการแสดงความคิดเห็น พิจารณาไตร่ตรอง ตัดสินใจต่อสถานการณ์หรือประเด็นที่สนใจ จะสามารถส่งต่อการให้เหตุผลอื่นที่สูงขึ้นไป เช่น การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ และการคิดระดับสูง เป็นต้น ทั้งนี้ยังใช้ในการตัดสินใจเกี่ยวกับการโต้แย้งที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวัน หรือเกิดขึ้นเฉพาะหน้า ตลอดจนสามารถนำไปประยุกต์ใช้ในสถานการณ์ในสภาพแวดล้อมใหม่ได้

ประเภทของการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ

ดอร์สันและเวนไวท์ (Dawson & Venvile, 2009, pp. 1430-1432) ได้จำแนกประเภทของการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการไว้ 4 ประเภท ดังนี้

1. เหตุผลที่เป็นเหตุเป็นผล (Rationalistic reasoning) เป็นการอธิบายที่มาของสาเหตุการตัดสินการกระทำในเหตุการณ์หรือประเด็นนั้น ๆ ซึ่งมีพื้นฐานมาจากการคิดเชิงเหตุและผลทั้งด้านการสะท้อนประโยชน์และโทษ รวมถึงการประเมินที่เกี่ยวข้องกับผลที่เกิดจากเทคโนโลยี

2. เหตุผลเชิงอารมณ์ (Emotive reasoning) เป็นการให้เหตุผลบนพื้นฐานของอารมณ์ โดยเป็นความรู้สึกที่เกิดขึ้นจากเหตุการณ์หรือการกระทำ เช่น ความเห็นอกเห็นใจ เป็นต้น ส่วนมากการให้เหตุผลกลุ่มนี้จะเกี่ยวข้องกับอารมณ์ต่าง ๆ ของมนุษย์

3. เหตุผลเชิงสัญชาตญาณ (Intuitive reasoning) เป็นการให้เหตุผลที่ตอบสนองต่อประเด็นบางอย่างในทันที หรือเป็นสิ่งที่ตัดสินใจหรือกระทำขึ้นเองโดยไม่ต้องมีใครคอยสั่งสอน

4. รูปแบบที่ไม่สามารถจำแนกได้ (Not able to classify: NA) เป็นการให้ข้อความที่ไม่ชัดเจนว่าเป็นเหตุผลอยู่บนพื้นฐานของสัญชาติญาณ อารมณ์ หรือความเป็นเหตุเป็นผล

วูและไช่ (Wu & Tsai, 2011, pp. 775-776) ได้จำแนกประเภทของการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการออกไว้ 4 ประเภท ได้แก่

1. การให้เหตุผลเชิงสังคม (Social-oriented)

2. การให้เหตุผลเชิงนิเวศวิทยา (Ecology-oriented)

3. การให้เหตุผลเชิงเศรษฐศาสตร์ (Economic-oriented)

4. การให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หรือเทคโนโลยี (Science or technology-oriented)

ลีและเกรซ (Lee & Grace, 2012, p. 788) ได้กำหนดประเภทของการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ซึ่งจำแนกตามลักษณะของการโต้แย้งแบ่งได้เป็น 3 ประเภท ได้แก่

1. การให้เหตุผลเชิงสังคม (Social reason)
2. การให้เหตุผลเชิงนิเวศวิทยา (Ecological reason)
3. การให้เหตุผลเชิงปฏิบัติการ (Practical reason)

จากการศึกษาสามารถเปรียบเทียบประเภทของการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการไว้ตารางที่ 6 ดังนี้

ตารางที่ 6 เปรียบเทียบประเภทของการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ

นักการศึกษา	**ดอร์สันและเวนไวท์** (2009)	**วูและไช่** (2011)	**ลีและเกรซ** (2012)
ประเภทของการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ	1. เหตุผลที่เป็นเหตุเป็นผล	1. เหตุผลเชิงสังคม	1. เหตุผลเชิงสังคม
	2. เหตุผลเชิงอารมณ์	2. เหตุผลเชิงนิเวศวิทยา	2. เหตุผลเชิงนิเวศวิทยา
	3. เหตุผลเชิงสัญชาตญาณ	3. เหตุผลเชิงเศรษฐศาสตร์	3. เหตุผลเชิงปฏิบัติการ
	4. รูปแบบที่ไม่สามารถจำแนกได้	4. เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หรือเทคโนโลยี	

จากตารางที่ 6 สรุปได้ว่าประเภทของการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการมีหลายประเภท สำหรับการวิจัยในครั้งนี้ ผู้วิจัยสนใจนำการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการไปใช้จำนวน 3 ประเภท ได้แก่ เหตุผลที่เป็นเหตุเป็นผล เหตุผลเชิงอารมณ์ และเหตุผลเชิงสัญชาตญาณ และสนใจนำแนวทางการสร้างประเด็นของคำถามจากแนวคิดของวูและไช่ (Wu & Tsai, 2011, p. 777) ซึ่งมีลักษณะเป็นคำถามปลายเปิด 4 ลักษณะ เพื่อนำมาประเมินผลการวิจัยในครั้งนี้ ดังตารางที่ 7

ตารางที่ 7 การสร้างคำถามปลายเปิด เพื่อประเมินความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการตามแนวคิดของวูและไช่ (Wu & Tsai, 2011, p. 777)

ลักษณะของคำถามปลายเปิด	สิ่งที่ต้องการวัด
1. นักเรียนมีความคิดเห็นว่าเห็นด้วยหรือไม่ เพราะเหตุใด ต่อสถานการณ์หรือประเด็นทางวิทยาศาสตร์ที่ครูนำเสนอ	การแสดงแนวคิดของนักเรียน ซึ่งเกิดจากการค้นคว้า และสงสัยต่อสถานการณ์หรือประเด็นทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้น
2. นักเรียนจะใช้ข้อความอะไรในการโน้มน้าวให้คนอื่นเห็นด้วยกับความคิดของตนเอง โดยไม่อคติหรือลำเอียง	การสร้างข้อความสนับสนุนให้เกิดการโน้มน้าวต่อผู้อื่น ให้เกิดความเห็นด้วยและคล้อยตามแนวคิดของตน
3. หากมีคนที่ไม่เห็นด้วยกับความคิดของนักเรียน แล้วควรมีข้อมูลอะไรมานำเสนอโดยอธิบายให้ละเอียดและชัดเจน	การสร้างข้อคิดเห็นโต้กลับที่เป็นเหตุผลด้วยข้อความที่ละเอียด และชัดเจน
4. จากข้อความในข้อ 3 นักเรียนสามารถให้แนวคิดตรงข้าม เพื่อแสดงจุดยืนของตนเองให้ผู้อื่นเชื่อถือ และยอมรับได้อย่างไร	การสร้างข้อความคัดค้าน เพื่อแสดงจุดยืนของตนเองให้เชื่อถือ และให้ผู้อื่นยอมรับได้

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยสนใจสร้างคำถามปลายเปิดจำนวน 3 สถานการณ์ในเนื้อหาวิชาชีววิทยา เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย เพื่อประเมินความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ซึ่งประกอบด้วยคำถามที่ต้องการวัด 4 ประเด็นในแต่ละสถานการณ์ ดังนี้

1. แนวคิดของนักเรียนที่มีต่อสถานการณ์ หรือประเด็นทางวิทยาศาสตร์
2. การสร้างข้อความสนับสนุนให้เกิดการโน้มน้าวต่อผู้อื่น
3. การสร้างข้อคิดเห็นโต้กลับที่เป็นเหตุผลด้วยข้อความที่ละเอียด และชัดเจน
4. การสร้างข้อความคัดค้าน เพื่อแสดงจุดยืนของตนเองให้เชื่อถือ และยอมรับได้

ทำการวัดผลจากคำตอบของนักเรียน โดยประเมินให้คะแนนแบบรูบิก ดังนี้

3 คะแนน คือ ข้อความการให้เหตุผลที่เป็นเหตุเป็นผล

2 คะแนน คือ ข้อความการให้เหตุผลเชิงอารมณ์

1 คะแนน คือ ข้อความการให้เหตุผลเชิงสัญชาตญาณ

ไม่มีคะแนน คือ ข้อความการให้เหตุผลที่ไม่สามารถจำแนกประเภทได้

ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา

ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

พิมพันธ์ เดชะคุปต์ (2545, หน้า 109) ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้ว่า เป็นขนาดของผลสัมฤทธิ์ที่ได้จากกระบวนการเรียนการสอน โดยการตรวจสอบสิ่งที่ต้องการเรียนรู้ว่ามีปริมาณ และคุณภาพหรือไม่อย่างไร และมากน้อยเพียงใด

เยาวดี รางชัยกูล วิบูลย์ศรี (2552, หน้า 16) กล่าวสรุปว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า เป็นแบบทดสอบที่สร้างขึ้น เพื่อใช้วัดผลการเรียนรู้ด้านเนื้อหาวิชาและทักษะต่าง ๆ ของแต่ละวิชา ลักษณะของแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์มีทั้งที่เป็นข้อเขียน และที่เป็นภาคปฏิบัติจริง

สมโภชน์ อเนกสุข (2556, หน้า 93) กล่าวสรุปว่า ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ แบบทดสอบที่ใช้วัดความรู้ ทักษะ สมรรถภาพทางสมองด้านต่าง ๆ รวมทั้งพฤติกรรม และประสบการณ์การเรียนรู้ของนักเรียน ว่าเรียนมาแล้วรู้เท่าไร รู้อะไร ตรวจสอบความสามารถในการเรียนของบุคคลในส่วนที่เกี่ยวกับระดับความสามารถในการเรียน ความก้าวหน้า หรือพัฒนาการในการเรียน ผลการเรียนที่เด่นหรือด้อย ทักษะด้านต่าง ๆ ของนักเรียนหลังเรียนแล้ว

ศิริชัย กาญจนวาสี (2556, หน้า 166) ได้ให้ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้ว่า เป็นผลการเรียนรู้ตามแผนที่กำหนดไว้ล่วงหน้าอันเกิดจากกระบวนการเรียนการสอนในช่วงระยะเวลาใดเวลาหนึ่งที่ผ่านมา และเป็นสิ่งที่นักเรียนได้เรียนรู้ภายใต้สถานการณ์ที่กำหนดขึ้น อาจเป็นความรู้หรือทักษะบางอย่าง อันบ่งบอกถึงสภาพการเรียนรู้ที่บุคคลนั้นได้รับ

ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง (2559, หน้า 35) อธิบายสรุปเกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ไว้ว่า เป็นผลที่เกิดจากแบบทดสอบ ผ่านการวิจัยและพัฒนา โดยรวบรวมข้อมูลตัวแปรตามที่เป็นผลมาจากการเรียนการสอนหรือนวัตกรรมการศึกษา ยังเป็นผลของความสามารถทางพุทธิพิสัย ที่เกิดขึ้นในภายหลังที่มีการจัดการเรียนการสอนเสร็จสิ้น

ไพศาล วรคำ (2559, หน้า 239) ได้อธิบายเกี่ยวกับความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ว่า เป็นผลที่เกิดจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนที่วัดด้านความรู้ (Knowledge) และวัดด้านทักษะ (Skill)

สรุปได้ว่า ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน คือ ผลที่เกิดจากแบบทดสอบ โดยผ่านการเรียนการสอนที่มีการวิจัยและพัฒนา เพื่อตรวจสอบผลการเรียน ความสามารถ ความก้าวหน้า หรือพัฒนาการในการเรียนรู้ทักษะด้านต่าง ๆ ของนักเรียน

กล่าวสรุปอ้างอิงได้ว่า ความหมายของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา คือ ความสามารถของนักเรียนในรายวิชาชีววิทยา เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย ด้านความรู้

ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ ซึ่งเกิดจากการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

บลูม (Bloom, 1956, pp. 45-50) ได้อธิบายสรุปเกี่ยวกับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน จำแนกได้ตามวัตถุประสงค์ทางการเรียน 3 ด้าน ดังนี้ คือ

1. ด้านพุทธิพิสัย (Cognitive domain) คือ มุ่งพัฒนาการเรียนรู้เกี่ยวกับความสามารถทางสมองหรือสติปัญญา ด้านความรู้ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินค่า

2. ด้านจิตพิสัย (Affective domain) คือ มุ่งพัฒนาคุณลักษณะด้านจิตใจหรือความรู้สึกเกี่ยวกับความสนใจ เจตคติ และการปรับตัว

3. ด้านทักษะพิสัย (Psychomotor domain) คือ มุ่งพัฒนาความสัมพันธ์ระหว่างร่างกาย และสมองที่มีความสามารถในการปฏิบัติจนมีทักษะ มีความชำนาญต่าง ๆ

นอกจากนี้บลูม (Bloom, 1956) ได้จำแนกจุดมุ่งหมายการศึกษาด้านพุทธิพิสัยออกเป็น 6 ประเภท ดังนี้

1. ความรู้-ความจำ (Knowledge) เป็นความสามารถที่นักเรียนสามารถจำถึงความรู้ที่ได้เรียนมา โดยยังไม่ต้องไปปรับปรุงหรือเปลี่ยนแปลงความรู้

2. ความเข้าใจ (Comprehension) เป็นความสามารถในการประมวลข้อมูลให้ตรงประเด็น

3. การนำไปใช้ (Application) เป็นความสามารถในการนำความรู้ ทฤษฎี หลักเกณฑ์ แนวคิด ไปปรับเปลี่ยนในสถานการณ์ใหม่ที่เป็นรูปธรรม หรือสภาพปัญหาใหม่ที่ไม่เคยเห็นมาก่อน

4. การวิเคราะห์ (Analysis) เป็นความสามารถในการมองเห็นความสัมพันธ์ระหว่างส่วนหรือองค์ประกอบต่าง ๆ ความสามารถในการพิจารณา หรือแยกรายละเอียดของเนื้อหา ซึ่งจะแสดงให้เห็นถึงความเข้าใจหลักการที่เป็นพื้นฐานของโครงสร้างเนื้อหา

5. การสังเคราะห์ (Synthesis) เป็นความสามารถในการนำเอาความรู้ ประสบการณ์ โจทย์ปัญหามาสร้างเป็นสิ่งใหม่ที่ไม่มีเค้ารูปความคิดเดิมเหมือนต้นไม้ที่ดูดน้ำ ธาตุอาหาร และแดดมาเปลี่ยนเป็นการเจริญเติบโตในทุกส่วนของต้นไม้

6. การประเมินผล (Evaluation) เป็นความสามารถในการใช้วิจารณญาณรอบด้าน มาตัดสินความคิด ผลงาน หรือกระบวนการ

นอกจากนี้ คลอพเฟอร์ (Klopfer, 1973, pp. 1-22) นักการศึกษาสาขาวิทยาศาสตร์

ในสหรัฐอเมริกา ได้นำแนวคิดวัตถุประสงค์ทางการศึกษาของบลูม มากำหนดเป็นพฤติกรรมการเรียนรู้ที่พึงประสงค์ที่คาดหวังในตัวนักเรียนให้สอดคล้องกับการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์มากขึ้น ดังต่อไปนี้

1. ความรู้และความเข้าใจ (Knowledge and comprehension) เป็นพฤติกรรมด้านความรู้ และความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ อาจได้รับมาจากการค้นคว้าทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยพฤติกรรม 9 ประเภท ได้แก่ ความรู้เกี่ยวกับข้อเท็จจริง ความรู้เกี่ยวกับคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ ความรู้เกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ความรู้เกี่ยวกับข้อตกลง ความรู้เกี่ยวกับแนวโน้มและลำดับขั้น ความรู้เกี่ยวกับการจำแนกประเภท จัดประเภทและเกณฑ์ ความรู้เกี่ยวกับเทคนิคและกรรมวิธีทางวิทยาศาสตร์ ความรู้เกี่ยวกับหลักการและกฎทางวิทยาศาสตร์ ความรู้เกี่ยวกับทฤษฎีหรือแนวคิดที่สำคัญ ความสามารถในการระบุหรือบ่งชี้ความรู้เมื่อปรากฏอยู่ในรูปแบบใหม่ และความสามารถในการแปลความรู้จากสัญลักษณ์หนึ่งไปสู่อีกสัญลักษณ์หนึ่ง

2. กระบวนการสืบเสาะหาความรู้ทางวิทยาศาสตร์ (Processes of scientific inquiry) เป็นพฤติกรรมการมีส่วนร่วมในการสืบเสาะหาความรู้ด้วยตนเองของนักเรียน ซึ่งเป็นกระบวนการศึกษาธรรมชาติทางวิทยาศาสตร์ และสร้างสรรค์แนวคิดใหม่ ๆ ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบไปด้วยการสังเกตและการวัด การมองเห็นปัญหาและการหาวิธีที่ใช้แก้ปัญหา การแปลความหมายของข้อมูลและการสร้างข้อสรุป การสร้างการทดสอบและการปรับปรุงแบบจำลองเชิงทฤษฎี

3. การนำความรู้ และวิธีการทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ (Application of scientific knowledge and methods) เป็นการฝึกให้นักเรียนรู้จักการแก้ปัญหาใน 3 ประการ ซึ่งได้แก่ การแก้ปัญหาในเรื่องของวิทยาศาสตร์ การแก้ปัญหาในเรื่องของวิทยาศาสตร์สาขาอื่น ๆ และการแก้ปัญหาที่นอกเหนือจากเรื่องของวิทยาศาสตร์

4. ทักษะปฏิบัติในการใช้เครื่องมือ (Manual skills) เป็นทักษะที่จำเป็นของนักเรียนในการพัฒนาความรู้ความสามารถในการใช้เครื่องมือปฏิบัติการทั่วไปทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้มีความคล่องแคล่ว และเกิดความชำนาญ พร้อมทั้งสามารถปฏิบัติงานโดยใช้เทคนิคการทดลองทั่วไปอย่างถูกต้อง และปลอดภัย มีความละเอียดถี่ถ้วนและรอบคอบ เพื่อไม่ใช้เกิดอันตราย

5. เจตคติและความสนใจ (Attitudes and interests) เป็นพฤติกรรมที่ครูวิทยาศาสตร์ต้องการให้นักเรียนมีเจตคติที่ดีต่อวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยลักษณะดังนี้ คือ เป็นผู้ที่ชอบแสวงหาสาเหตุของการเกิดปรากฏการณ์หรือสิ่งต่าง ๆ รอบตัว โดยมีการยอมรับ และพึงพอใจในประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ และมีการพัฒนาความสนใจในเรื่องวิทยาศาสตร์มากขึ้น

6. การมีแนวโน้มในทางวิทยาศาสตร์ (Orientation) เป็นแนวทางของเจตนารมณ์ของ

หลักสูตรทางวิทยาศาสตร์ ที่มีความมุ่งหมายจะให้นักเรียนมีโลกทัศน์ที่กว้างขวาง และสามารถปรับตัวได้ดี โดยนักเรียนต้องสามารถตระหนักถึงขีดจำกัดของคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ วิวัฒนาการทางวิทยาศาสตร์ ความก้าวหน้าทางวิทยาศาสตร์ และความสำคัญของวิทยาศาสตร์ในแง่ของสังคมและจรรยา

ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สมนึก ภัททิยธานี (2553, หน้า 73-76); ชนาธิป พรกุล (2554, หน้า 218-219) ได้อธิบายสรุปเกี่ยวกับแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนไว้ 6 ประเภท ดังนี้

1. ข้อสอบแบบอัตนัยหรือความเรียง (Subjective or essay test) เป็นข้อสอบที่มีเฉพาะคำถาม นักเรียนสามารถเขียนตอบอย่างเสรีหรือเขียนบรรยายตามความรู้ของแต่ละคน โดยนักเรียนต้องให้เหตุผลแสดงหลักฐานสนับสนุน มีการยกตัวอย่างหรือใช้ภาษาที่เข้าใจได้ง่าย

2. ข้อสอบแบบถูก-ผิด (True-False test) เป็นข้อสอบแบบเลือกตอบที่มี 2 ตัวเลือก แต่ตัวเลือกดังกล่าวเป็นแบบคงที่และมีความหมายตรงข้ามกัน เช่น ถูก-ผิด, ใช่-ไม่ใช่, จริง-ไม่จริง, เหมือนกัน-ต่างกัน

3. ข้อสอบแบบเติมคำ (Completion test) เป็นข้อสอบที่ประกอบไปด้วยประโยค หรือข้อความที่ยังไม่สมบูรณ์ แล้วให้นักเรียนเติมคำ ประโยค หรือข้อความลงในช่องว่างที่เว้นไว้นั้น เพื่อให้มีใจความสมบูรณ์ และถูกต้อง

4. ข้อความแบบตอบสั้น (Short answer test) เป็นข้อสอบประเภทนี้คล้ายกับข้อสอบแบบเติมคำ แต่แตกต่างกันที่ข้อสอบแบบตอบสั้นเขียนประโยคคำถามสมบูรณ์ คำตอบที่ต้องการจะสั้น และกะทัดรัดได้ใจความที่สมบูรณ์ ไม่ใช่เป็นการบรรยายแบบข้อสอบอัตนัยหรือความเรียง

5. ข้อสอบแบบจับคู่ (Matching test) เป็นข้อสอบเลือกตอบชนิดหนึ่งมีคำ หรือข้อความแยกจากกันเป็น 2 ชุด แต่ละชุดมีความสัมพันธ์กัน โดยให้นักเรียนจับคู่ความสัมพันธ์ให้ถูกต้อง

6. ข้อสอบแบบเลือกตอบ (Multiple choice test) เป็นข้อสอบที่มีคำถามแบบเลือกตอบโดยทั่วไปจะประกอบไปด้วย 2 ตอน คือ ตอนนำหรือคำถามกับตัวเลือก ในตอนเลือกนี้จะประกอบไปด้วยตัวเลือกที่เป็นคำตอบถูก และตัวเลือกที่เป็นตัวลวง มีคำถามที่กำหนดให้พิจารณา แล้วหาตัวเลือกที่ถูกต้องที่ถูกที่สุดเพียงตัวเลือกเดียว

สรุปได้ว่า ประเภทของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน สามารถจำแนกตามวัตถุประสงค์ของการเรียนไว้ 3 ด้านตามแนวคิดของบลูม ได้แก่ ด้านพุทธิพิสัย ด้านจิตพิสัย และด้านทักษะพิสัย โดยมีจุดมุ่งหมายการศึกษาด้านพุทธิพิสัยสามารถแบ่งออกเป็น 6 ประเภท คือ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ การวิเคราะห์ การสังเคราะห์ และการประเมินผล

แนวทางการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน

สมนึก ภัททิยธนี (2553, หน้า 73) กล่าวถึงแนวทางการสร้างแบบทดสอบไว้ว่า โดยปกติแล้ว การสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสามารถแบ่งได้เป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

1. มีการกำหนดวัตถุประสงค์ทั่วไปของการสอบให้อยู่ในรูปของวัตถุประสงค์เชิงพฤติกรรม โดยสอดคล้องกับเนื้อหาสาระทั้งหมดที่จะทำการทดสอบ

2. มีการกำหนดโครงเรื่องของเนื้อหาสาระที่จะทำการทดสอบให้ครบถ้วน

3. มีการเตรียมตารางเฉพาะ หรือผังของแบบทดสอบ เพื่อแสดงถึงน้ำหนักของเนื้อหาวิชาแต่ละส่วน และพฤติกรรมต่าง ๆ ที่ต้องการทดสอบให้เด่นชัด และมีความชัดเจน

4. มีการสร้างข้อกระทงทั้งหมดที่ต้องการจะทดสอบให้เป็นไปตามสัดส่วนของน้ำหนักที่ระบุไว้ในตารางเฉพาะ

ศิริชัย กาญจนวาสี (2556, หน้า 173-180) กล่าวถึงขั้นตอนการสร้างแบบทดสอบเพื่อวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ดังนี้

1. มีกำหนดจุดมุ่งหมายของแบบทดสอบ โดยมีความสัมพันธ์และสอดคล้องกับจุดมุ่งหมายของการเรียนรู้ จุดหมายของหลักสูตร ซึ่งทำการวิเคราะห์หลักสูตรและเนื้อหา

2. การออกแบบการสร้างแบบทดสอบ มีการกำหนดรูปแบบ ขอบเขต และแนวทางการสร้างข้อสอบ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสอบที่มีคุณภาพ การสร้างข้อสอบประกอบด้วยกิจกรรมดังนี้

2.1 วางแผนการทดสอบ เป็นการกำหนดว่าต้องการทำการทดสอบทั้งหมดกี่ครั้ง มีความถี่ห่างของการสอบเท่าใด และครอบคลุมเนื้อหา จุดมุ่งหมายใด และใช้เวลาเท่าใด

2.2 กำหนดรูปแบบของแบบทดสอบ เป็นการกำหนดแบบสอบว่าจะสอบแบบอิงกลุ่มหรืออิงเกณฑ์ สอบข้อเขียนหรือแบบปฏิบัติการ เป็นต้น

2.3 สร้างแผนผังการทดสอบ เป็นการเสนอรายละเอียดของการทดสอบแต่ละครั้งว่าวัดเนื้อหาอะไร และจุดมุ่งหมายการเรียนรู้อะไร

3. เขียนแบบทดสอบ ซึ่งจำเป็นต้องมีความรู้ในเนื้อหาวิชาเป็นอย่างดี ข้อสอบที่ดีควรมีลำดับขั้นตอนการเขียน ควรมีการกำหนดแบบแผนข้อสอบ ร่างข้อสอบ ทบทวนร่างข้อสอบ และบรรณาธิการข้อสอบ โดยครูทำการปรับปรุงข้อบกพร่องตามคำแนะนำที่ได้รับ ขัดเกลาข้อความและภาษาที่ใช้ให้เหมาะสมกับนักเรียน

4. ทดลองใช้และวิเคราะห์แบบทดสอบ ควรนำข้อสอบไปทดลองใช้กับกลุ่มตัวอย่างนักเรียนที่มีลักษณะใกล้เคียงกับกลุ่มผู้สอบที่ตั้งใจจะนำไปใช้จริง

5. การคัดเลือกแบบทดสอบ โดยแบบทดสอบควรมีความยากง่ายที่เหมาะสม

และมีอำนาจจำแนกสูง ข้อสอบที่มีความยากง่ายพอเหมาะควรที่ค่า *p* ประมาณ 0.50 ค่าเฉลี่ยความยากง่ายของข้อสอบทั้งฉบับควรมีค่าประมาณ 0.50

6. การวิเคราะห์แบบทดสอบ หลังจากคัดเลือกแบบทดสอบที่มีคุณภาพเป็นรายข้อมารวมกันแล้ว ทำการวิเคราะห์ข้อสอบในด้านความเที่ยง (Reliability) และความตรง (Validity)

7. นำแบบทดสอบไปใช้ ต้องยึดหลักว่าผู้สอบทุกคนต้องได้รับความยุติธรรมเท่าเทียมกันในการแสดงความสามารถจากการเรียนรู้ตามที่แบบสอบต้องการวัด

8. วิเคราะห์คุณภาพของแบบทดสอบ เมื่อนำข้อสอบไปใช้แล้วควรนำคะแนนที่ได้มาศึกษาลักษณะของคะแนนสอบเกี่ยวกับค่าเฉลี่ย การกระจาย รูปแบบของการแจกแจง และทำการวิเคราะห์คุณภาพแบบทดสอบทางด้านความเที่ยงและความตรง

9. ปรับปรุงแบบทดสอบ ซึ่งปรับปรุงตามข้อบกพร่องเพื่อนำไปใช้กับกลุ่มตัวอย่างอื่น ๆ ที่มาจากประชากรกลุ่มเดียวกัน

การวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาและดำเนินการสร้างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกายระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เป็นปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ครั้งนี้ผู้วิจัยประยุกต์ใช้การประเมิน ตามแนวคิดของบลูม จำนวน 4 ด้าน ได้แก่ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์

มโนทัศน์ชีววิทยา

ความหมายของมโนทัศน์

มโนทัศน์ เป็นคำที่แปลมาจาก คำว่า Concept ในภาษาอังกฤษ นอกจากนี้ยังมีคำอื่นในภาษาไทยที่มีความหมายเดียวกัน เช่น ความคิดรวบยอด แนวคิด มโนมติ มโนภาพ มโนคติ สังกัป เป็นต้น ซึ่งนักการศึกษาได้ให้ความหมายเดียวกันไว้ดังนี้

เจอร์โรม บรูเนอร์ (Jerome Bruner, 1956 อ้างถึงใน พวงเพ็ญ อินทรประวัติ, 2537) ได้กล่าวว่ามโนทัศน์ เป็นสิ่งที่เกิดจากการเรียนรู้อย่างรวดเร็ว โดยที่นักเรียนไม่ต้องเสียเวลาจดจำสิ่งปลีกย่อยรอบตัว ซึ่งมโนทัศน์จะเกิดขึ้นกับทุกวัยในลักษณะที่คล้ายกัน คือ เกิดจากการสังเกตความเหมือนและความต่าง จากนั้นจำแนกเป็นกลุ่มตามเกณฑ์ แล้วสรุปเป็นภาพรวม

จอร์ช เลคอฟ และมาร์ก จอห์นสัน (Lakoff & Johnson, 1980 อ้างถึงใน กัญญารัตน์ เวชชศาสตร์, 2551, หน้า 92) ได้อธิบายสรุปไว้ว่า มโนทัศน์เป็นกระบวนการคิด และกระบวนการเรียนรู้ของมนุษย์ กล่าวคือเป็นกระบวนรวบรวมข้อมูล และโครงสร้างของสิ่งเร้าต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในชีวิตประจำวันของมนุษย์

นวลลออ ทินานนท์ (2540, หน้า 41) ได้กล่าวเกี่ยวกับมโนทัศน์ไว้ว่า เป็นสิ่งสำคัญที่ทำให้มนุษย์เกิดการเรียนรู้ถึงสิ่งต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น เนื่องจากเป็นการจัดลักษณะที่เหมือน ๆ กันของประสบการณ์เข้าด้วยกันอย่างเป็นระบบระเบียบขึ้นในหน่วยความคิด โดยแยกเป็นประเภทหมู่กลุ่มของสิ่งต่าง ๆ มโนทัศน์จะเกิดขึ้นก็ต่อเมื่อเราได้ภาพรวมเกี่ยวกับลักษณะเฉพาะของสิ่งนั้น ๆ

สุวิทย์ คำมูล (2547, หน้า 10) ได้กล่าวเกี่ยวกับมโนทัศน์ไว้ว่า เป็นความคิดความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดกลุ่มสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือเรื่องหนึ่งที่เกิดจากการสังเกต หรือได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้น แล้วใช้คุณสมบัติที่มีลักษณะคล้ายคลึงกันจัดเข้ากลุ่มเดียวกัน ทำให้เข้าใจสิ่งนั้นได้ง่าย

ชนาธิป พรกุล (2554, หน้า 123) ได้กล่าวเกี่ยวกับมโนทัศน์ไว้ว่า เป็นข้อความที่แสดงถึงแก่นของเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ซึ่งเกิดจากการรวบรวมลักษณะเฉพาะของเรื่องนั้น หรือเป็นการจัดลักษณะที่เหมือน ๆ กันของสิ่งของ เหตุการณ์ ประสบการณ์ หรือกระบวนการเข้าด้วยกันอย่างมีระเบียบขึ้น อาจจะเป็นหน่วยของความคิด ประเภท หมู่ หรือกลุ่มคล้ายคำจำกัดความ

กล่าวโดยสรุปได้ว่า มโนทัศน์ เป็นความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับการจัดลำดับ เชื่อมโยงและรวบรวมข้อมูลที่ได้จากการสังเกตวัตถุ สิ่งของ หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ รอบตัวอย่างเป็นระบบ โดยมโนทัศน์จะเกิดขึ้น และสามารถส่งผลต่อการให้เข้าใจต่อสิ่งนั้นมากขึ้น

ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และมโนทัศน์ชีววิทยา

คลอพเฟอร์ (Klopfer, 1973 อ้างถึงใน ภพ เลาหไพบูลย์, 2542, หน้า 100) กล่าวสรุปเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า เป็นความคิดรวบยอด คือ การนำความจริงเฉพาะหลายข้อที่มีความเกี่ยวข้องกันมาผสมผสานกันในรูปใหม่

ซันด์และทรอว์บริดจ์ (Sund & Trowbridge, 1973, pp. 17-18) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า คือ สิ่งที่เป็นนามธรรมที่เกิดขึ้นจากการใช้ประสาทสัมผัสศึกษาสังเกตวัตถุที่เป็นรูปธรรม

จอยส์และเวล (Joyce & Weil, 1972, p. 6) ได้ให้ความหมายเกี่ยวกับ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า คือ ความรู้ความเข้าใจที่เกิดจากการเรียนการสอนในรูปของแนวคิดเกี่ยวกับสิ่งของ เหตุการณ์หรือความคิดที่ได้จากการเข้าใจข้อเท็จจริง โดยอาศัยกระบวนการคิดตามขั้นตอนต่าง ๆ จนเกิดเป็นภาพเกี่ยวกับข้อเท็จจริงเหล่านั้น

จาคอบสันและเบิร์กแมน (Jacobson & Bergman, 1991, p. 120) อธิบายไว้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ คือ ความคิดที่เกี่ยวข้องกับสถานการณ์ทางธรรมชาติ สามารถพัฒนาผ่านประสบการณ์ทางวิทยาศาสตร์ที่หลากหลาย ซึ่งมโนทัศน์เป็นความคิดสำคัญของวิทยาศาสตร์

วีระชาติ สวนไพรินทร์ (2531, หน้า 4) เสนอว่ามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ คือ ความคิด

หลักที่คนเรามีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งช่วยให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งนั้น ความเข้าใจดังกล่าวจะแตกต่างไปตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคล ซึ่งมโนทัศน์นี้แบ่งตามการนำไปใช้ในทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ การนำไปบรรยาย การพยากรณ์ และการอธิบาย

กล่าวสรุปได้ว่า มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นความคิดหลักที่บุคคลมีต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งได้รวบรวมผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และช่วยให้มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับสิ่งนั้นอย่างถาวร ทั้งนี้ความรู้ความเข้าใจดังกล่าว จะแตกต่างไปตามประสบการณ์ของแต่ละบุคคล

สำหรับมโนทัศน์ชีววิทยา นั้นเป็นความคิดหลักเกี่ยวกับเนื้อหาในวิชาชีววิทยา โดยนักเรียนสามารถสรุปข้อมูลที่เป็นความรู้ความจำ และความเข้าใจ ครั้งนี้ผู้วิจัยนำมาศึกษาผลพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย ที่เกิดจากการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และมโนทัศน์ชีววิทยา

ซันด์และทรอว์บริดจ์ (Sund & Trowbridge, 1973, pp.17-18) ได้จำแนกประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ 2 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงรูปธรรม เช่น เซลล์แม่เหล็ก คอลลอยด์ เป็นต้น

2. มโนทัศน์เชิงกระบวนการพลวัต เช่น ทฤษฎีพลังงานจลน์ของสสาร การสังเคราะห์ด้วยแสง เป็นต้น

วีระชาติ สวนไพรินทร์ (2531, หน้า 4-5) จำแนกประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์ที่เกี่ยวกับการแบ่งประเภท เป็นการกำหนดสมบัติร่วมของสิ่งต่าง ๆ ไว้เป็นพวก ๆ หรือใช้ในการบรรยายถึงสิ่งนั้นให้เข้าใจตรงกัน

2. มโนทัศน์ที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ เป็นการกำหนดความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ย่อยที่เกี่ยวข้องกัน ซึ่งช่วยในการพยากรณ์หรือคาดการณ์ล่วงหน้าในเหตุการณ์นั้นได้

3. มโนทัศน์ทางทฤษฎี เป็นการกำหนดสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่รู้ว่าสิ่งนั้นมีจริง เพราะมีหลักฐานสนับสนุนว่าเป็นจริง

ชนาธิป พรกุล (2554, หน้า 123-124) จำแนกประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ 3 ประเภท ดังนี้

1. แบ่งตามการรับรู้ได้ 2 พวก ประกอบด้วย

1.1 สิ่งที่เป็นรูปธรรม ซึ่งสามารถรับรู้โดยตรงทางประสาทสัมผัสทั้ง 5 ได้แก่ การดู การเห็น การได้กลิ่น การลิ้มรส และการสัมผัส

1.2 สิ่งที่เป็นนามธรรม รับรู้ด้วยความรู้สึก ไม่สามารถสังเกตเห็นได้ ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ สิ่งแวดล้อม ค่านิยม ความเชื่อ ตลอดจนการเลี้ยงดู เป็นต้น

2. แบ่งตามการใช้ลักษณะเป็นเกณฑ์ได้ 3 พวก ประกอบด้วย

2.1 ลักษณะเชื่อมโยงเป็นเรื่องเดียวกัน เป็นมโนทัศน์ที่เรียนรู้ได้ง่าย เพราะมีลักษณะสำคัญชุดเดียว

2.2 ลักษณะแยกออกจากกัน เป็นมโนทัศน์ที่มีความซับซ้อนเพียงเล็กน้อย ต้องเรียนรู้ของมโนทัศน์อย่างน้อย 2 ชุด

2.3 ลักษณะเกี่ยวข้องกัน เป็นมโนทัศน์ที่มีความซับซ้อนที่สุด ต้องเรียนรู้จากการเปรียบเทียบ หรือการหาความสัมพันธ์ของ 2 สิ่งหรือ 2 เหตุการณ์

3. แบ่งตามวิธีการเรียนรู้ของบรูนเนอร์ ประกอบด้วย การเรียนรู้โดยการทำ การเรียนรู้โดยการดูภาพ หรือสร้างภาพในใจ และการเรียนรู้จากสัญลักษณ์ เช่น ภาษา เป็นต้น

กล่าวสรุปได้ว่า ประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ แบ่งได้ 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เชิงทฤษฎี คือ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นหรือได้รับรู้ที่ได้จากการศึกษา แนวคิด ทฤษฎี ที่นักวิทยาศาสตร์ได้เสนอไว้ เช่น มโนทัศน์เกี่ยวกับการหายใจระดับเซลล์ การสังเคราะห์แสง และลักษณะการถ่ายอดทางพันธุกรรม เป็นต้น

2. มโนทัศน์เชิงบรรยาย คือ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นจากการรับรู้ด้วยประสาทสัมผัส คือ สิ่งที่เป็นรูปธรรม และสิ่งที่เป็นนามธรรม คือ สิ่งที่รับรู้ด้วยความรู้สึก และไม่สามารถสังเกตเห็นได้ ขึ้นอยู่กับปัจจัยหลายอย่าง ได้แก่ สิ่งแวดล้อม ค่านิยม ความเชื่อ เป็นต้น และเชื่อมโยงลักษณะร่วมที่สำคัญ จนเกิดเป็นมโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งนั้นได้

3. มโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ คือ มโนทัศน์ที่บอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างของสิ่งต่าง ๆ หรือบอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผลของสิ่งนั้น ๆ

กระบวนการสร้างมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และมโนทัศน์ชีววิทยา

เฮสเปอร์และคณะ (Haspers et al., 1964 อ้างถึงใน นวลลออ ทินานนท์, 2540, หน้า 41-42) ได้สรุปเกี่ยวกับกระบวนการสร้างมโนทัศน์ไว้ 2 ส่วน ดังนี้

1. การแยกแยะความแตกต่าง (Discrimination) หมายถึง การที่บุคคลสามารถสังเกตพิจารณาถึงลักษณะที่แตกต่างกันของสิ่งของที่ผ่านเข้ามาในประสบการณ์ สามารถแยกแยะความเหมือนหรือต่าง ความคิดรวบยอดหรือมโนทัศน์จะเกิดขึ้นตามประสบการณ์แต่ละบุคคล

2. การสรุป (Generalization) หมายถึง การที่บุคคลเกิดการพิจารณาแยกแยะความเหมือน ความแตกต่างแล้ว การค้นพบประสบการณ์ใหม่จะนำไปเชื่อมโยง หรือจัดเข้าพวก

กับประสบการณ์เดิมที่มีอยู่ จึงสามารถจะสรุปเป็นมโนทัศน์จากข้อมูลต่าง ๆ ได้

จอยส์และเวล (Joyce & Weil, 1972, pp. 22-23) ได้สรุปเกี่ยวกับกระบวนการสร้างมโนทัศน์ไว้ 2 ส่วน ดังนี้

1. การก่อรูปความคิดรวบยอด (Category formation) เป็นกิจกรรมแรกที่เกิดขึ้นโดยที่มนุษย์สร้างความคิดรวบยอดบางอย่าง ซึ่งที่เกี่ยวข้องกับ การค้นคว้า การแยกแยะสิ่งต่าง ๆ เช่น การแบ่งแยกสิ่งต่าง ๆ ออกเป็นกลุ่ม ๆ โดยใช้ลักษณะร่วมกันและต่างกันเป็นเกณฑ์ในการแบ่ง ถือเป็นการก่อรูปความคิดรวบยอดขึ้นมา

2. การรู้ความคิดรวบยอด (Concept attainment) เป็นกิจกรรมที่นักเรียนแสดงให้ครูเห็นว่ามีความคิดรวบยอดของสิ่งนั้นว่าคืออะไร โดยใช้วิธีการยกตัวอย่างและบอกคุณสมบัติพื้นฐานหรือสมบัติเฉพาะของความคิดรวบยอดนั้น ซึ่งตัวอย่างที่นักเรียนนำเสนอต้องตัวอย่างที่สร้างขึ้นใหม่ไม่ได้ยกตามบทเรียน

จำนง พรามแย้มแข (2516, หน้า 47-49) ได้สรุปเกี่ยวกับ กระบวนการสร้างมโนทัศน์ไว้ว่า เมื่อบุคคลจะเกิดมโนทัศน์ในเรื่องใดเรื่องหนึ่ง บุคคลนั้นต้องมีประสบการณ์การเรียนรู้ความจริง หลักการทั่วไปและนัยทั่วไปของเรื่องนั้น ๆ มาก่อน และต้องสามารถระลึกได้ว่าสิ่งนั้นมีลักษณะเฉพาะอะไรบ้าง โดยแยกแยะลักษณะของสิ่งนั้นออกจากสิ่งอื่นได้อย่างชัดเจน ซึ่งลักษณะต่าง ๆ ดังกล่าวจะเกิดขึ้นต้องอาศัยทักษะการสังเกต

สุวัฒน์ นิยมค้า (2531, หน้า 17) ได้กล่าวถึง กระบวนการสร้างมโนทัศน์ไว้ว่า เมื่อพบข้อมูลชุดชุดหนึ่ง หรือปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง ต้องสามารถหามโนทัศน์ของสิ่งนั้นได้ภายใต้การใช้ 3 รูปแบบ ของข้อมูลหรือปรากฏการณ์จะสามารถรับมโนทัศน์ของสิ่งนั้นได้ ดังนี้

1. มองให้เห็นสมบัติร่วมของข้อมูล หรือปรากฏการณ์
2. มองให้เห็นความสัมพันธ์ของข้อมูล หรือปรากฏการณ์
3. มองให้เห็นแนวโน้มของข้อมูล หรือปรากฏการณ์

กล่าวสรุปอ้างอิงได้ว่า กระบวนการสร้างมโนทัศน์ชีววิทยา ควรประกอบไปด้วยการสังเกตของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง หรือปรากฏการณ์ด้วยประสาทสัมผัส การแยกแยะความเหมือน หรือความแตกต่างของลักษณะเฉพาะของสิ่งนั้น การเปรียบเทียบ และเชื่อมโยงรายละเอียดเฉพาะของสิ่งนั้นหรือปรากฏการณ์ และการสรุปความคิดรวบยอด เพื่อให้เห็นถึงความสัมพันธ์ของข้อมูลหรือปรากฏการณ์ ในงานวิจัยครั้งนี้วัดผลในรูปของผลพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยา ซึ่งเก็บข้อมูลระหว่างดำเนินการวิจัยจำนวน 3 ระยะ จากแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น จำนวนระยะละ 20 ข้อ รวม 60 ข้อ เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก

การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Classroom action research: CAR)

ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

คอเรย์ (Corey, 1953, p. 6 อ้างถึงใน ภัทราพร เกษสังข์, 2559) กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน เป็นกระบวนการที่ต้องการศึกษาปัญหาที่เกิดขึ้น โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นแนวทางในการสร้างความถูกต้อง และประเมินผลการตัดสินใจ

คาร์และเคมมิส (Carr & Kemmis, 1986, p.162) กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน เป็นรูปแบบการรวบรวมคำถามที่เกิดจากการสะท้อนกลับ และผลการปฏิบัติงานของตนเอง เพื่อทำการปรับปรุงหลักการและความถูกต้อง รวมทั้งสร้างความเข้าใจในการปฏิบัติงาน

เคมมิสและแม็กเท็กการ์ท (Kemmis & Mctaggert, 1988, p. 5) กล่าวว่าการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน เป็นรูปแบบของวิธีการศึกษาการสะท้อนตนเองภายใต้การมีส่วนร่วมในสถานการณ์ทางสังคม ผู้วิจัยอาจเป็นครู ผู้ปกครองหรือคณะกรรมการสถานศึกษา

ธีระวุฒิ เอกะกุล (2551, หน้า 5) ให้ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนไว้ว่า เป็นการรวบรวมข้อเท็จจริง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อสรุป อันนำไปสู่การแก้ปัญหาในด้านประสิทธิภาพ และประสิทธิผลของงานในขอบข่ายที่รับผิดชอบ ผู้วิจัยมีการปรับปรุง แก้ไข และดำเนินการหลาย ๆ ครั้ง จนผลการปฏิบัติงานบรรลุจุดประสงค์ได้สำเร็จ

สมโภชน์ อเนกสุข (2553, หน้า 8) กล่าวเกี่ยวกับ การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนไว้ว่า เป็นการวิจัยเพื่อแก้ปัญหาสำคัญ หรือแก้ปัญหาที่ต้องการแก้ไขแบบเร่งด่วน ผลการวิจัยจึงไม่สามารถสรุปอ้างอิงไปใช้กับกลุ่มอื่นได้ เพราะเป็นการแก้ปัญหาในขอบเขตเฉพาะเรื่องหรือเหตุการณ์แต่ละเหตุการณ์

สุวิมล ว่องวาณิช (2554, หน้า 21) กล่าวสรุปว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนเป็นการวิจัยเพื่อแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน โดยการนำผลมาปรับปรุงการเรียนการสอน และส่งเสริมพัฒนาการเรียนรู้ของนักเรียนให้ดียิ่งขึ้น การวิจัยต้องมีการสะท้อนข้อมูลการปฏิบัติงานในชีวิตประจำวันในโรงเรียนให้ได้มีโอกาสวิพากษ์ อภิปราย และแลกเปลี่ยนเรียนรู้

กล่าวสรุปได้ว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน หมายถึง การวิจัยที่ครูและนักเรียนมีบทบาทในการเป็นผู้วิจัยร่วม เพื่อสะท้อนผลจากการวิจัยมาแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน มีการดำเนินการวิจัยที่เป็นกลาง ยุติธรรม ชัดเจน ตลอดกระบวนการวิจัย อาศัยการปฏิบัติที่เหมาะสมต่อนักเรียน โดยนำผลที่ได้มาใช้แก้ไขปัญหา ปรับปรุง เปลี่ยนแปลงการเรียนการสอนให้ดีขึ้น ตลอดจนการพัฒนาส่งเสริมการเรียนรู้ เพื่อให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อนักเรียน

แนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

เคมมิสและแมคเทกการ์ท (Kemmis & McTaggart, 1988, p. 5) เสนอแนวทางการจัด

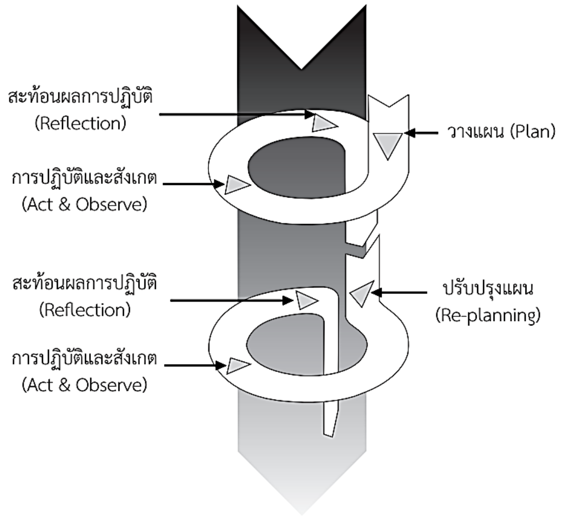
กิจกรรมการเรียนการสอนโดยการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนที่สำคัญ 4 ขั้น ดังนี้

1. การวางแผนปฏิบัติการ (Planning) เป็นขั้นการกำหนดแนวทางไว้ล่วงหน้า อาศัยการคาดคะเนแนวโน้มผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นประกอบกับการระลึกถึงเหตุการณ์ในอดีตที่เกี่ยวข้องกับประเด็นที่ต้องการแก้ไข ภายใต้การไตร่ตรองถึงปัจจัยสนับสนุน หรือขัดขวางความสำเร็จ รวมทั้งสภาวการณ์เงื่อนไขอื่น การวางแผนสามารถยืดหยุ่น เพื่อปรับเปลี่ยนให้เข้ากับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้น

2. การลงมือปฏิบัติการตามแผน (Action) เป็นขั้นการลงมือดำเนินงานอย่างระมัดระวังและควบคุมการปฏิบัติงานให้เป็นไปตามระบุไว้ ซึ่งการปฏิบัติตามแผนที่กำหนดมีโอกาสเปลี่ยนไปตามเงื่อนไข และข้อจำกัดของสภาวการณ์เวลา แล้วต้องเป็นแผนปฏิบัติการชั่วคราว เปิดช่องให้ผู้ปฏิบัติการที่ดีจะต้องดำเนินไปอย่างต่อเนื่อง เป็นพลวัตภายใต้การใช้ดุลยพินิจในการตัดสินใจ

3. การสังเกตการณ์ (Observation) เป็นขั้นการเก็บรวบรวมข้อมูลเกี่ยวกับกระบวนการและผลที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติงาน รวมทั้งสังเกตการณ์ปัจจัยสนับสนุน และปัจจัยอุปสรรคมีการวางแผน เพื่อสะท้อนกลับกระบวนการ และผลการปฏิบัติที่จะเกิดขึ้นตามมา

4. การสะท้อนกลับ (Reflection) เป็นขั้นการบันทึกข้อมูลจากการสังเกตต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ และสะท้อนกลับโดยอาศัยกระบวนการกลุ่มในลักษณะวิพากษ์วิจารณ์ หรือประเมินผลการปฏิบัติงาน ปรับปรุง ดังภาพที่ 2 ต่อไปนี้



ภาพที่ 2 วงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนของเคมมิส และแมคเทกการ์ท (Kemmis & McTaggart, 1990, p. 5)

เฟอร์แรนซ์ (Ferrance, 2000 อ้างถึงใน ภัทราพร เกษสังข์, 2559, หน้า 36-38) เสนอแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน 5 ขั้น ดังนี้

1. การนิยาม และระบุขอบเขตของปัญหา (Identification of problem area) เป็นขั้นของการนิยาม และจำกัดขอบเขตของคำถาม มีการวางแผนดำเนินการ โดยยึดเกณฑ์การพิจารณาในการนิยามหรือระบุขอบเขตของปัญหา เรียงลำดับปัญหาให้ครอบคลุมประเด็นที่กำลังศึกษา

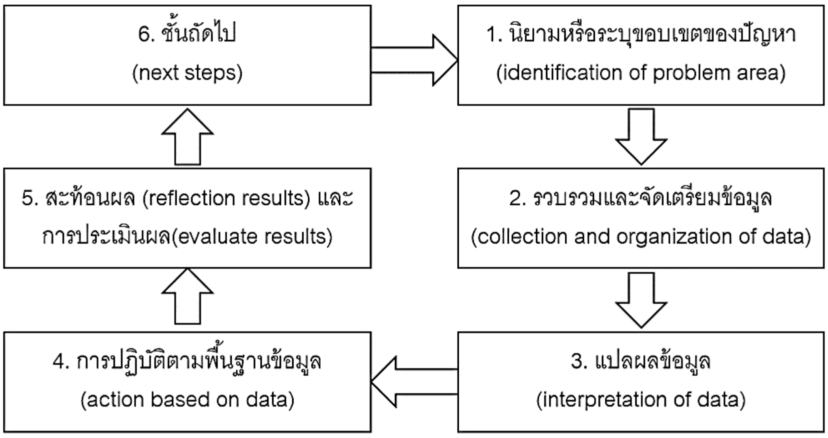
2. การรวบรวม และจัดเตรียมข้อมูล (Collection and organization of data) เป็นขั้นการเก็บข้อมูล และตัดสินใจเกี่ยวกับการปฏิบัติการว่าอะไรที่จำเป็นต้องทำ ช่วยให้เข้าใจแนวทางที่เกิดขึ้นได้อย่างดี เครื่องมือ เช่น การสัมภาษณ์ แบบสอบถาม การประเมินตนเอง เป็นต้น

3. การแปลผลข้อมูล (Interpretation of data) เป็นขั้นการวิเคราะห์ข้อมูลส่วนบุคคล ข้อมูลกลุ่มย่อย หรือข้อมูลบางอย่างที่วัดได้ด้วยปริมาณ สามารถวิเคราะห์โดยปราศจากสถิติ เช่น ความคิดเห็น เจตคติ หรือตรวจสอบรายการ อาจนำเสนอเป็นตารางข้อมูลที่วัดเป็นปริมาณ สามารถตรวจสอบพิจารณาสื่อที่เกี่ยวข้อง และเหตุการณ์หรือประเด็นที่สำคัญโดยการบันทึก

4. การปฏิบัติตามพื้นฐานข้อมูล (Action based on data) เป็นขั้นการปฏิบัติที่สอดคล้องกับสารสนเทศจากข้อมูลที่เก็บรวบรวม และการทบทวนเอกสาร สิ่งที่สำคัญ คือ ถ้าตัวแปรมีการเปลี่ยนแปลงแก้ไข ต้องการปฏิบัติตามแผน และเก็บรวบรวมผลการปฏิบัติอย่างต่อเนื่อง

5. การสะท้อนและการประเมินผล (Reflection and evaluate results) เป็นขั้นการสะท้อนผล จากที่เกิดการเปลี่ยนแปลงจากการดำเนินงาน มาประกอบการประเมินผล และดำเนินการปฏิบัติการปรับปรุงตามผลที่เกิดขึ้น โดยต้องแสดงข้อมูลที่เป็นหลักฐาน

6. ขั้นถัดไป (Next step) เป็นขั้นของผลจากการดำเนินงานตามการวิจัยปฏิบัติการรอบแรกนำ ไปสู่การนิยามคำถามการวิจัยรอบใหม่ ปรับปรุง ทบทวน และดำเนินการตามแผนปฏิบัติการใหม่ในรอบต่อไปดังภาพที่ 3 ต่อไปนี้



ภาพที่ 3 วงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนของเฟอแรนซ์

(Ferrance, 2000, p. 9 อ้างถึงใน ภัทราพร เกษสังข์, 2559, หน้า 36-38)

คณะกรรมการประเมินงานวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนของโรงเรียนแมดิสัน (Madison metropolitan school district, 2001 อ้างถึงใน ภัทราพร เกษสังข์, หน้า 40-42) เสนอแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนโดยการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน 5 ขั้น ดังนี้

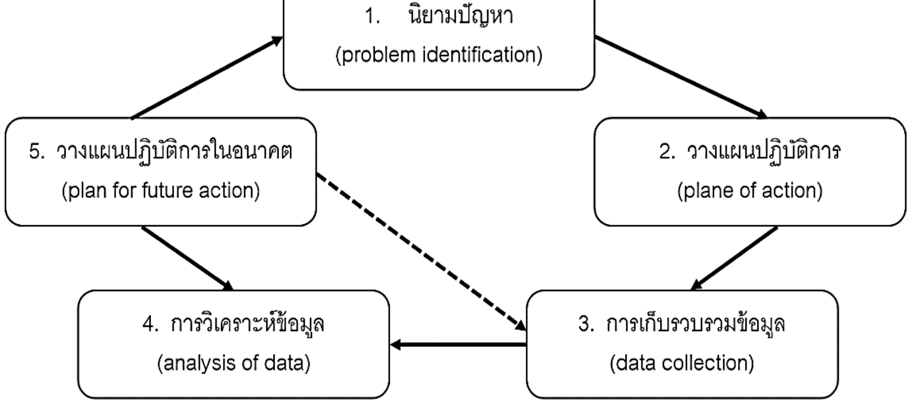
1. การนิยามปัญหา (Problem identification) เป็นขั้นที่ผู้วิจัยต้องนิยามปัญหา เช่น ทำไมต้องทำวิจัย ปัญหานั้นเป็นสิ่งสำคัญ และเป็นปัญหาที่เกิดจากการจัดการเรียนรู้หรือไม่ มีคุณค่าหรือประโยชน์ต่อครู นักเรียน และคนอื่น ๆ อย่างไร

2. การวางแผนปฏิบัติการ (Plan of action) เป็นขั้นการวางแผนการปฏิบัติงาน ตอบคำถามการพัฒนา และปฏิบัติการที่เป็นยุทธศาสตร์ใหม่ มีวิธีการกล่าวปัญหาการวิจัยหรือไม่ และเป็นเช่นไร โดยมีประเด็นหลักของการปฏิบัติงาน คือ ช่วงเวลาที่เหมาะสมต่อความพึงพอใจ

3. การเก็บรวบรวมข้อมูล (Data collection) เป็นขั้นผู้วิจัยต้องทราบว่าข้อมูลที่เก็บเป็นประเภทใด ควรเก็บให้ครบถ้วน เพื่อการตอบคำถามการวิจัย ใช้วิธีที่หลากหลายเพื่อเกิดการเรียนรู้ ทรัพยากรมีอะไรบ้าง และสารสนเทศจากแหล่งอื่นมีอะไรบ้างที่มีประโยชน์ต่อการตั้งกรอบคำถาม การตัดสินใจเลือกประเภทของการเก็บรวบรวมข้อมูล หรือช่วยแปลผลข้อค้นพบ

4. การวิเคราะห์ข้อมูล (Analysis of data) เป็นขั้นการเก็บข้อมูล แล้วผู้วิจัยต้องการวิเคราะห์ข้อมูล เพื่อให้ทราบว่าท่านได้เรียนรู้อะไรจากข้อมูล เช่น รูปแบบเป็นอย่างไร ข้อค้นพบชัดเจนเรื่องอะไร มีความหมายว่าอย่างไร เป็นต้น

5. การวางแผนปฏิบัติการในอนาคต (Plan for future action) เป็นขั้นทราบผลการวิจัย แผนปฏิบัติการในชั้นเรียนที่ควรเป็นแตกต่างจากเดิมอย่างไร จะเสนอแนะอะไร จะเขียนอย่างไรกับข้อค้นพบที่เกิดจากการเรียนรู้ และจะใช้ประโยชน์ต่ออย่างไร ดังภาพที่ 4 ต่อไปนี้



ภาพที่ 4 วงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนของโรงเรียนแมดิสัน (Madison metropolitan school district, 2001 อ้างถึงใน ภัทราพร เกษสังข์, 2559, หน้า 40-42)

จากการศึกษาข้างต้น ผู้วิจัยสามารถสรุปเปรียบเทียบเกี่ยวกับแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ดังตารางที่ 8 ต่อไปนี้

ตารางที่ 8 การเปรียบเทียบแนวทางการจัดกิจกรรมการเรียนการสอน โดยกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

นักการศึกษา/ขั้นตอน	**เคมมิสและแมคเท็กการ์ต** (1988)	**เฟอเรนท์** (2000)	**คณะกรรมการการประเมินงานวิจัยในชั้นเรียนของโรงเรียนแมดิสัน** (2001)
1	การวางแผนปฏิบัติการ	การนิยาม หรือระบุขอบเขตของปัญหา	การนิยามปัญหา
2	การลงมือปฏิบัติตามแผน	การรวบรวมและจัดเตรียมข้อมูล	การวางแผนปฏิบัติการ
3	การสังเกตการณ์	การแปลผลข้อมูล	การเก็บรวบรวมข้อมูล
4	การสะท้อนกลับ	การปฏิบัติตามพื้นฐานข้อมูล	การวิเคราะห์ข้อมูล
5		การสะท้อนและประเมินผล	การวางแผนปฏิบัติการในอนาคต
6		ชั้นถัดไป	

จากตารางที่ 8 ผู้วิจัยสามารถสรุปขั้นตอนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน และนำไปประยุกต์ใช้ เพื่อพัฒนาการเรียนการสอน และแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน 4 ขั้นตอน ดังนี้

ขั้นที่ 1 การวางแผนและนิยามปัญหา เป็นขั้นการวางกำหนดแนวทางไว้ล่วงหน้าอาศัยการนิยามปัญหา หรือการคาดคะเนจากเหตุการณ์ ภายใต้การไตร่ตรองถึงปัจจัยสนับสนุนหรือขัดขวาง รวมทั้งสภาวการณ์เงื่อนไขอื่นที่เกี่ยวข้อง และควรคำนึงถึงความยืดหยุ่นของเวลาเพื่อสามารถปรับเปลี่ยนให้เข้ากับเหตุการณ์ที่เกิดขึ้นในอนาคต

ขั้นที่ 2 การลงมือปฏิบัติและรวบรวมข้อมูล เป็นขั้นการลงมือดำเนินงานตามแผนที่กำหนดไว้อย่างระมัดระวัง และควบคุมให้เป็นไปตามระบุไว้ในแผน การปฏิบัติตามแผนที่กำหนดไว้มีโอกาสแปรเปลี่ยนไปตามเงื่อนไข และข้อจำกัดของสภาวการณ์เวลานั้นได้

ขั้นที่ 3 การสังเกตและแปลผลข้อมูล เป็นขั้นการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการปฏิบัติงานที่ได้ลงมือกระทำลงไปรวมทั้งสังเกตการณ์ และดำเนินงานตามแผนที่วางไว้ ตลอดจนบันทึกประเด็นหรือปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นระหว่างปฏิบัติการตามแผนว่ามีสภาพ หรือลักษณะเป็นอย่างไร

ขั้นที่ 4 การวิเคราะห์และสะท้อนปัญหา เป็นขั้นการให้ข้อมูลการกระทำตามที่บันทึกข้อมูลไว้จากการสังเกตผลการปฏิบัติงานตามที่วางแผนไว้ วิเคราะห์เกี่ยวกับปัจจัยสนับสนุน และปัจจัยอุปสรรคการพัฒนา รวมทั้งประเด็นปัญหาที่เกิดขึ้นว่าเป็นไปตามวัตถุประสงค์หรือไม่ เพื่อใช้เป็นข้อมูลพื้นฐานสำหรับการทบทวน และปรับปรุงแผนปฏิบัติการในวงจรการวิจัยในรอบต่อไป

ซึ่งดำเนินการทดลองกับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย เมื่อสิ้นสุดกิจกรรมการเรียนการสอนแต่ละระยะ ผู้วิจัยทำการประเมิน และนำเสนอในรูปของคะแนนพัฒนาการเรียนรู้จากแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา โดยคำนวณจากสูตรตามแนวคิดของศิริชัย กาญจนวาสี (2552, หน้า 266-268) ซึ่งมีเกณฑ์การประเมินผล ดังนี้

76.00-100.00	หมายถึง	พัฒนาการระดับสูงมาก
51.00-75.00	หมายถึง	พัฒนาการระดับสูง
26.00-50.00	หมายถึง	พัฒนาการระดับปานกลาง
0.00-25.00	หมายถึง	พัฒนาการระดับต่ำ

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยเกี่ยวกับวงจรการเรียนรู้ทางวิทยาศาสตร์

แคมป์เบล (Campbell, 1982) ได้ทำการวิจัย เพื่อศึกษาโดยทำการเปรียบเทียบการสอนวิทยาศาสตร์ด้วยวงจรการเรียนรู้ร่วมกับการสอนแบบปกติ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักศึกษาที่เรียนวิชาฟิสิกส์ จำนวน 55 คน ในเนื้อหา 10 บทเรียน ผลการวิจัยพบว่า การสอนทั้งสองวิธีไม่แตกต่างกัน แต่นักศึกษาที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ มีเจตคติทางบวกต่อการปฏิบัติการทดลอง และได้คะแนนสอบการปฏิบัติการทดลองในปลายภาคสูงกว่านักศึกษาที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติ

เพอร์เซอร์และเรนเนอร์ (Purser & Renner, 1983) ได้ทำการวิจัย เพื่อเปรียบเทียบผลของการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้กับการสอนแบบบอกให้รู้ กลุ่มตัวอย่างประกอบด้วยนักเรียนเกรด 9 และเกรด 10 ในรายวิชาชีววิทยา จำนวน 68 คน และ 67 คน ตามลำดับ ผลการวิจัย พบว่า นักเรียนที่มีขั้นปฏิบัติการคิดรูปธรรม และขั้นปฏิบัติการคิดกึ่งนามธรรมที่เรียนด้วยวงจรการเรียนรู้

มีผลสัมฤทธิ์ด้านเนื้อหา สูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบบอกให้รู้อย่างมีนัยทางสถิติที่ระดับ .01 และการใช้วงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ ช่วยส่งเสริมพัฒนาการทางสติปัญญาของนักเรียนมากกว่าการสอนแบบบอกให้รู้

มาเรคและเมทเว็น (Marek & Melthven, 1991) ได้ทำการวิจัย เพื่อศึกษาผลของการเรียนการสอนโดยใช้วงจรการเรียนรู้ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์รูปแบบการอนุรักษ์ของนักเรียน โดยกลุ่มตัวอย่างเป็นนักเรียนชั้นอนุบาลเกรด 5 จำนวน 100 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบวัดการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์รูปแบบการอนุรักษ์ พบว่าคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์แบบการอนุรักษ์ นักเรียนที่เรียนโดยใช้วงจรการเรียนรู้สูงกว่านักเรียนที่เรียนแบบบอกให้รู้ อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

จันทร์พร พรหมมาศ (2541) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้วิธีวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อสัมฤทธิ์ผล และพฤติกรรมทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1-3 ระดับชั้นละ 2 ห้อง แบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม จำนวน 245 คน ใช้เวลาทดลอง 10 สัปดาห์ รวม 30 คาบต่อห้อง ผลวิจัยพบว่านักเรียนมีพฤติกรรมที่ส่งเสริมการเรียนวิทยาศาสตร์ในขั้นการสร้างมโนทัศน์อยู่ในระดับที่ดีกว่าขั้นการศึกษาสำรวจ และการนำไปใช้ การเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามวงจรการเรียนรู้ ช่วยให้มีมโนทัศน์เกี่ยวกับเนื้อหาวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่านักเรียนกลุ่มควบคุม

สราวุฒิ บุญยืน (2542) ได้ทำการวิจัย เพื่อศึกษาผลของการสอนวิชาวิทยาศาสตร์โดยใช้วงจรการเรียนรู้ เรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้าในบ้าน กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 จำนวน 73 คน แบ่งเป็นกลุ่มทดลองและกลุ่มควบคุม กลุ่มทดลองเรียนด้วยวงจรการเรียนรู้ กลุ่มควบคุมเรียนด้วยวิธีปกติ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนกลุ่มทดลองมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความคงทนในการเรียนรู้แตกต่างจากนักเรียนกลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05 ซึ่งคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนที่เรียนด้วยวงจรการเรียนรู้ แตกต่างจากวิธีปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

วิชาญ เลิศลพ (2543) ได้ทำการวิจัย เพื่อศึกษาเปรียบเทียบผลการเรียนรู้ โดยวิธีจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบวงจรการเรียนรู้รูปแบบของ สสวท และรูปแบบการผสมผสานระหว่างวงจรการเรียนรู้กับรูปแบบ สสวท. ผลการวิจัยพบว่า 1) ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิคอย่างง่าย และคลื่นของนักเรียนทั้ง 3 กลุ่มแตกต่างกันอย่างมี

นัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 ซึ่งกลุ่มที่ 1 และกลุ่มที่ 3 มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนสูงกว่ากลุ่มที่ 2 2) ความสามารถในการแก้ปัญหาในวิชาฟิสิกส์ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิคอย่างง่าย และคลื่นของนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม ไม่แตกต่างกัน 3) ความคงทนในการเรียนรู้ เรื่อง การเคลื่อนที่แบบฮาร์มอนิคอย่างง่ายและคลื่นของนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยนักเรียนในกลุ่มที่ 1 และ 3 มีความคงทนในการเรียนรู้สูงกว่านักเรียนในกลุ่มที่ 2 และ 4) เจคติต่อวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนทั้ง 3 กลุ่ม แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 โดยนักเรียนในกลุ่มที่ 1 และ 3 มีเจคติต่อวิชาฟิสิกส์ดีกว่านักเรียนในกลุ่มที่ 2

เกรียงไกร อภัยวงศ์ (2548) ได้ทำการวิจัย เพื่อศึกษาผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยวงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยที่มีต่อความสามารถในการในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย พบว่านักเรียนกลุ่มที่เรียนด้วยวงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัย มีคะแนนเฉลี่ยร้อยละความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือสูงกว่าร้อยละ 60 ส่วนคะแนนเฉลี่ยร้อยละมโนทัศน์ชีววิทยาต่ำกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือต่ำกว่าร้อยละ 70

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับวงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้น ตัวอย่างคุณลักษณะของนักเรียนที่พบจากการวิจัย ได้แก่

1. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
2. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์
3. การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์
4. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์
5. เจตคติต่อการปฏิบัติการทดลอง
6. ความคงทนในการเรียนรู้

งานวิจัยเกี่ยวกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

แซมซัน และคณะ (Sampson et al., 2012) ได้ทำการวิจัย เพื่อศึกษาผลของการใช้ชุดปฏิบัติการด้วยรูปแบบการสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับกลวิธีโต้แย้ง (ADI) ที่มีต่อความสามารถในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และคุณภาพของการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ผ่านการเขียนรายงานการทดลอง โดยทำปฏิบัติการจำนวน 15 กิจกรรม และทำงานร่วมกันเป็นกลุ่มขนาดเล็ก หลังจากใช้เวลา 18 สัปดาห์ พบว่านักเรียนมีความรับผิดชอบสูงขึ้น และสามารถสร้างข้อโต้แย้งได้ดีขึ้น

แซมซัน และคณะ (Sampson et al., 2013) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษา เรื่อง การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เพื่อมุ่งหวังให้นักเรียนมีความเข้าใจในธรรมชาติของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

มากขึ้น ผลการศึกษาพบว่าครูให้ความสำคัญกับกระบวนการเรียนรู้อย่างไร (How we know) มากกว่าการเรียนรู้อะไร (What we know) ซึ่งเพิ่มโอกาสนักเรียนมีทักษะในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น นักเรียนสามารถมีส่วนในการอภิปรายข้อมูล เพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเอง ซึ่งเป็นที่ยอมรับ และอยู่บนพื้นฐานที่น่าเชื่อถือ พร้อมสามารถเรียนรู้หลักเกณฑ์ของการทำงานแบบนักวิทยาศาสตร์ได้ โดยช่วยให้นักเรียนสามารถให้เหตุผลอภิปรายระหว่างข้อกล่าวอ้าง ความเป็นไปได้ของหลักฐาน และความเข้าใจโดยรวมของเนื้อหาบทเรียน

โคพ และคณะ (Cope et al., 2013) ได้ทำการวิจัย เพื่อศึกษาเกี่ยวกับการเขียนรายงานทางวิทยาศาสตร์ผ่านการเรียนการสอนเกี่ยวกับการโต้แย้ง และศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่เกี่ยวข้องกับการทำงานแบบนักวิทยาศาสตร์ ซึ่งมีเป้าหมาย เพื่อให้นักเรียนสามารถสร้างข้อกล่าวอ้าง หลักฐานสนับสนุน และพัฒนาการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ เพื่อทำการเชื่อมโยงจัดลำดับข้อกล่าวอ้าง และหลักฐานให้สอดคล้องกัน กลุ่มทดลองประกอบด้วยเกรด 8 จำนวน 2 ห้อง จากโรงเรียนในเมืองนิวยอร์ค ประเทศสหรัฐอเมริกา ผลการวิจัยพบว่านักเรียนสามารถเขียนรายงานเกี่ยวกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น นอกจากนี้ยังพบว่าการโต้แย้งของนักเรียน ช่วยส่งเสริมให้นักเรียนมีการคิด และการทำงานกลุ่มที่ดีมากขึ้น

สันติชัย อนุวรชัย (2553) ได้การวิจัย เพื่อศึกษาผลของการเรียนการสอนชีววิทยา ด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และความมีเหตุผลของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย เครื่องมือได้แก่ แบบวัดความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และแบบวัดความสามารถในการมีเหตุผล ผลการวิจัยพบว่า ความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ และกระบวนการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์จากนักเรียนกลุ่มทดลองได้คะแนนเฉลี่ยสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ จัดอยู่ในความสามารถระดับดี

สุกัญญา ประดิษฐ์แท่น และคณะ (2556) ได้ทำการวิจัย เพื่อศึกษาการเปรียบเทียบผลการเรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการเรียนผสมผสานกับรูปแบบการเรียนปกติ ที่มีต่อความสามารถในการโต้แย้ง และการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ต่างกัน นักเรียนจำนวน 62 ประกอบไปด้วยกลุ่มควบคุมและกลุ่มทดลอง ในเนื้อหาพืช GMOs การปลูกถ่ายอวัยวะ และการใช้ถ่านหินแบบทดสอบวัดการโต้แย้ง และแบบทดสอบวัดกาคิดวิเคราะห์ จำนวน 3 ด้าน ได้แก่ ความสำคัญ ความสัมพันธ์ และหลักการ ผลการวิจัยพบว่านักเรียนโดยรวม จำแนกตามแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์หลังเรียนแบบผสมผสานมีการพัฒนาการโต้แย้ง และการคิดวิเคราะห์รายด้านเพิ่มขึ้น

อรยา แจ่มใจ (2557) ได้ทำการวิจัย เพื่อศึกษาการพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาปีที่ 3 เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง เครื่องมือ ได้แก่ แบบทดสอบการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ แบบประเมินการโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ แบบบันทึกหลังสอน แบบสัมภาษณ์และใบกิจกรรม วิเคราะห์ข้อมูลทั้งในเชิงคุณภาพและเชิงปริมาณ พบว่านักเรียนส่วนใหญ่มีความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ในระดับดีมาก และยังพบว่ายังส่งเสริมความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์

ณัฏฐ์พฐู เสริมสุข (2558) ได้ทำการวิจัย เพื่อศึกษาการพัฒนาทักษะการโต้แย้งของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง ชีวิตและสิ่งมีชีวิต ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวกับวิทยาศาสตร์จากแบบวัดทักษะการโต้แย้ง ผลการวิจัยพบว่านักเรียนร้อยละ 53.33 มีพัฒนาการในด้านโต้แย้งอย่างคงที่ ร้อยละ 33.33 มีพัฒนาการในด้านการโต้แย้งที่เพิ่มขึ้น และร้อยละ 13.33 มีพัฒนาการในการโต้แย้งลดลง องค์ประกอบที่มีพัฒนาการมากสุด คือ การสร้างข้อกล่าวอ้าง การให้เหตุผลสนับสนุน ส่วนองค์ประกอบที่มีพัฒนาการน้อยที่สุด คือ การให้หลักฐานสนับสนุน

ภคพร อิสระ (2558) ได้ทำการวิจัย เพื่อศึกษาผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบแบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือ ที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 พบว่านักเรียนกลุ่มทดลอง มีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมีสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดไว้ร้อยละ 70 และมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังการทดลองสูงกว่าก่อนการทดลองอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

อานุภาพ ห่วงสมจิตร และเอกรัตน์ ทานาค (2559) ได้ทำการวิจัย เรื่อง การศึกษาทักษะการอภิปรายโต้แยงทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เครื่องมือ คือ แบบวัดทักษะการอภิปรายโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่เป็นคำถามปลายเปิด จำนวน 2 ข้อ และคำถามที่ครอบคลุมองค์ประกอบของทักษะการอภิปรายโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 5 องค์ประกอบ ได้แก่ ข้อกล่าวอ้าง เหตุผลสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง หลักฐานสนับสนุน เหตุผลข้อโต้แย้งฝ่ายตรงข้าม และข้อโต้แย้งกลับ ผลวิจัยพบว่านักเรียนสามารถแสดงทักษะการอภิปรายโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในคำถามที่ 2 ได้มากกว่าคำถามข้อที่ 1 แสดงให้เห็นว่านักเรียนยังขาดทักษะในการหาหลักฐาน เพื่อสนับสนุนการให้เหตุผลไม่น่าเชื่อถือ

พอหทัย พิพัฒนชัยภูมิ และคณะ (2560) ได้ทำการวิจัย เพื่อศึกษาการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีโต้แย้งเป็นฐานที่เน้นกิจกรรมปฏิบัติการ เพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การสืบพันธุ์ของพืชดอกและการเจริญเติบโต โดยใช้แบบวัดความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ และรายงานการสำรวจตรวจสอบ ทำการวิเคราะห์ข้อมูลเนื้อหาและจัดกลุ่ม 4 ระดับ ผลวิจัยพบว่าภายหลังปฏิบัติการจัดการเรียนรู้สามารถส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนหลังการจัดการเรียนรู้ให้มีความเข้าใจในระดับที่เพิ่มขึ้นจากเดิม 10 ประเด็นจากทั้งหมด 15 ประเด็น

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้น ตัวอย่างคุณลักษณะของนักเรียนที่พบจากการวิจัย ได้แก่

1. ความสามารถในการสร้างคำอธิบายทางวิทยาศาสตร์
2. การเขียนรายงานการโต้แย้ง และทักษะการโต้แย้งความสามารถในการโต้แย้ง
3. การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์
4. การคิดวิเคราะห์ และการคิดเชิงวิจารณ์
5. ความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ
6. ความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์
7. ความรับผิดชอบต่อหน้าที่ แรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ และการทำงานกลุ่ม

งานวิจัยเกี่ยวกับการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ

ดอว์สัน และเวนไวล์ (Dawson & Venville, 2010) ได้ทำการวิจัย เพื่อศึกษาสำรวจผลของการโต้แย้งในชั้นเรียนเป็นฐานที่มีต่อทักษะการโต้แย้ง การให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการและความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง พันธุศาสตร์ของนักเรียนเกรด 10 มีห้องทดลอง 2 ห้องและห้องควบคุม 2 ห้อง วัดผลในรูปแบบการเขียน พบว่ากลุ่มทดลองมีระดับคุณภาพของข้อโต้แย้งและการอธิบายเพื่อแสดงเหตุผลอย่างไม่เป็นทางการดีขึ้น ทั้งสองกลุ่มมีความเข้าใจมโนทัศน์เรื่อง พันธุศาสตร์ดีขึ้น แต่กลุ่มทดลองมีคะแนนสูงกว่าอย่างมีนัยสำคัญ

วูและไซ่ (Wu & Tsai, 2011) ได้ทำการวิจัย เพื่อศึกษาสำรวจผลจากการจัดกิจกรรมการสืบค้นแบบออนไลน์ที่แตกต่างกัน ศึกษาโครงสร้างทางความคิด และการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย 2 กลุ่ม กลุ่มแรกได้รับการแนะนำในการสืบค้นภาระงาน อีกกลุ่มไม่ได้รับการแนะนำจะทำการสืบค้นจากอินเตอร์เน็ทเป็นเวลาสองคาบ เรื่องพลังงานไฟฟ้านิวเคลียร์ พบว่ากลุ่มที่ได้รับการแนะนำการสืบค้นภาระงาน มีการพัฒนาด้านขนาดความหลากหลายของทางความคิด และกระบวนการในการใช้ข้อมูลในการเปรียบเทียบอนุมานดี

ขึ้นมากกว่ากลุ่มอื่น การเพิ่มขึ้นของจำนวนโครงสร้างทางความคิดนั้นสนับสนุนเพียงการสร้างข้อโต้แย้งเท่านั้น ยังไม่สนับสนุนการสร้างข้อคัดค้านได้ เพราะเวลาทดลองมีระยะสั้นเกิดไป

ลีและเกรซ (Lee & Grace, 2012) ได้ทำการวิจัย เพื่อศึกษาการโต้แย้งการพัฒนาการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการของนักเรียนต่อประเด็นไข้หวัดนกในประเทศจีน ซึ่งเปรียบเทียบความแตกต่างของการให้เหตุผลและหลักฐาน เพื่อนำไปสู่การตัดสินใจระหว่างนักเรียนในเมืองกว่างโจว และฮ่องกงที่อยู่ในบริบทที่ต่างกัน พบว่านักเรียนที่อยู่ในบริบทที่ต่างกันมีผลต่อแนวคิดในการให้เหตุผล ความเข้าใจการใช้หลักฐาน และการตัดสินใจ ทั้งสองบริบทมีการเสนอกรอบแนวคิดในการสร้างการตัดสินใจ สะท้อนให้เห็นถึงผลที่มีต่อแนวคิดในการให้เหตุผล และการรู้คิดของนักเรียน

ประภา สมสุข (2558) ได้ทำการวิจัย เพื่อศึกษาการพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิชา ฟิสิกส์ ในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ แบบ 2I3C สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย เครื่องมือที่ใช้ ได้แก่ แบบทดสอบความเข้าใจมโนทัศน์เรื่องแรงและการเคลื่อนที่ แบบทดสอบความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ แบบประเมินในการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ แบบประเมินการเรียนรู้ร่วมกัน แบบสังเกตชั้นเรียน และแบบวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ และพบว่านักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการที่สูงขึ้น ยกตัวอย่างสถานการณ์ เช่น การสวมหมวกนิรภัยขณะใช้รถจักรยานยนต์ การใช้โทรศัพท์ขณะขับรถ เป็นต้น

สุรเดช ศรีทาและศศิเทพ ปิติพรเทพิน (2559) ได้ทำการวิจัย เพื่อศึกษาการพัฒนาการให้เหตุผลรอย่างไม่เป็นทางการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่องอาณาจักรโพรทิสตา ผ่านการจัดการเรียนรู้ โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน พบว่านักเรียนสามารถให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการอยู่ในระดับดีมาก โดยสามารถแสดงข้อกล่าวอ้าง การอ้างเหตุผล จุดยืนที่แตกต่างกันออกไป และข้อขัดแย้งเหตุผลของอีกฝ่ายเกี่ยวกับประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ ซึ่งนักเรียนส่วนใหญ่ (ร้อยละ 84) มีรูปแบบการให้เหตุผลในการให้เหตุผลบนพื้นฐานของความเป็นเหตุเป็นผลทางวิทยาศาสตร์ และนักเรียน (ร้อยละ 56) มีรูปแบบการให้เหตุผลบนพื้นฐานของสัญชาตญาณเทียบกับก่อนเรียน

หทัยชนก ชนะชัย (2559) ได้ทำการวิจัย เพื่อศึกษาการพัฒนาการให้เหตุอย่างไม่เป็นทางการของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ เกี่ยวกับระบบประสาท และอวัยวะในความรู้สึก ผ่านการจัดการเรียนการสอนโดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน ใช้แบบวัดการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ และคำถามปลายเปิดจำนวน 5 ข้อ และใช้แบบสัมภาษณ์แบบไม่เป็นทางการสำหรับวิเคราะห์ข้อมูล พบว่า

นักเรียนสามารถสร้างข้อกล่าวอ้าง ให้เหตุผลสนับสนุน สร้างข้อโต้แย้งที่ต่างออกไป และให้เหตุผลเสริมได้ รวมทั้งสามารถหาหลักฐาน หรือแหล่งข้อมูลมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของตนเองได้

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้น ตัวอย่างคุณลักษณะนักเรียนที่พบจากการวิจัย ได้แก่

1. ความสามารถในการสร้างข้อกล่าวอ้าง และให้เหตุผลสนับสนุน
2. ความสามารถในการสร้างข้อโต้แย้ง ความสามารถในการหาหลักฐาน หรือแหล่งข้อมูลมาสนับสนุนข้อกล่าวอ้าง ความเข้าใจในการใช้หลักฐาน และการให้เหตุผล
3. มโนทัศน์ทางชีววิทยา

งานวิจัยเกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และมโนทัศน์ชีววิทยา

ธวัชชัย คงนุ่ม (2550) ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และมโนทัศน์ในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนวงงจรการเรียนรู้ กลุ่มตัวอย่างจำนวน 46 คน ใช้เครื่องมือ ได้แก่ แผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้ แบบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดมโนทัศน์ในวิชาวิทยาศาสตร์ พบว่า ค่าเฉลี่ยงของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน และแบบวัดมโนทัศน์ในวิชาวิทยาศาสตร์ ที่ได้รับการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้ สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01

กตัญญุตา ชอบชื่น (2554) ได้ทำการวิจัยศึกษาผลการใช้การสอน เพื่อพัฒนามโนมติที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และความสามารถในการคิดสังเคราะห์ กลุ่มตัวอย่างนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนดรุโณทัย จังหวัดตรัง จำนวน 2 ห้อง ๆ ละ 30 คน เครื่องมือ คือ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน เรื่อง พันธุกรรมและความหลากหลายทางชีวภาพ แบบวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และความสามารถในการคิดสังเคราะห์ ผลการวิจัยพบว่าหลังจากการเรียนการสอน เพื่อพัฒนามโนมตินักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และความสามารถในการคิดสังเคราะห์สูงกว่านักเรียนที่เรียนด้วยการสอนแบบปกติอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

พงศ์พรหม พรเพิ่มพูน (2556) ได้ทำการวิจัย เพื่อศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสถานการณ์สองบทบาทที่มีต่อมโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง การรักษาดุลยภาพของร่างกาย และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียน กลุ่มตัวอย่าง เป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลายจำนวน 2 ห้อง ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2557 เครื่องมือ คือ แบบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา และแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ พบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์

ชีววิทยาต่ำกว่าเกณฑ์ แต่นักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยของมโนทัศน์ชีววิทยาสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีคะแนนเฉลี่ยความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 เช่นกัน

พิจิตรา ศรีพัดยศ (2558) ได้ทำการวิจัย เพื่อศึกษาผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักร 7 ขั้น ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคจิ๊กซอร์ 2 วิชาชีววิทยา เรื่อง การตอบสนองของพืช เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เครื่องมือประกอบด้วยเรื่อง การตอบสนองของพืช และแบบวัดจิตวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยสรุปได้ว่าหลังจากการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักร 7 ขั้น ร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคจิ๊กซอร์ 2 นักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนชีววิทยา และมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 และมีจิตวิทยาศาสตร์อยู่ในเกณฑ์ระดับดี

ณัฐธิดา เยาวลักษณ์โยธิน (2559) ได้ทำการวิจัย เพื่อศึกษาการเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรักติวิซึม และการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรักติวิซึมกับเทคนิคแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง ระบบการย่อยอาหารของมนุษย์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 กลุ่มควบคุมจำนวน 45 คนและกลุ่มทดลอง 45 คน เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ได้แก่ แบบวัดแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และแบบวัดเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ ผลการวิจัยพบว่าหลังการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรักติวิสติวิซึมร่วมกับเทคนิคแผนผังมโนทัศน์สูงกว่ากลุ่มมี่ได้จัดการเรียนรู้ตามคอนสตรักติวิซึม นักเรียนมีแนวคิดทางวิทยาศาสตร์ และเจตคติต่อวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่สูงกว่าการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรักติวิซึม

ชุติมา รอดสุด (2550) ได้ทำการวิจัย เพื่อศึกษาผลการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรักติวิสต์ที่มีต่อมโนทัศน์ชีววิทยา และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงอุปนัยของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนวัดนวลนรดิส ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2550 จำนวน 2 ห้องเรียน ๆ ละ 47 คน เครื่องมือ คือ มโนทัศน์ชีววิทยา และแบบวัดความสามารถในการให้เหตุผลเชิงอุปนัย พบว่า หลังจากเรียนการสอนการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรักติวิสต์ พบว่าคะแนนมโนทัศน์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ สูงกว่าร้อยละ 70 และคะแนนความสามารถในการให้เหตุผลเชิงอุปนัยสูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนด คือ สูงกว่าร้อยละ 60

พัชรมัย นิ่มลออ (2560) ได้ทำการวิจัย เพื่อศึกษาผลการใช้แนวคิดการเรียนรู้ โดยใช้บริบทเป็นฐานที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2559 จำนวน 2 กลุ่ม

เครื่องมือ ได้แก่ แบบวัดความเข้าใจมโนทัศน์ซึ่งเป็นแบบวัดอัตนัย พบว่า นักเรียนที่เรียนด้วยแนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานภายหลังเรียนมีคะแนนความเข้าใจมโนทัศน์ หลังเรียนไม่เป็นไปตามเกณฑ์ แต่พบว่านักเรียนกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐาน และกลุ่มที่ได้รับการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสอนแบบทั่วไปมีคะแนนความเข้าใจมโนทัศน์ไม่แตกต่างกัน

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และมโนทัศน์ชีววิทยาที่กล่าวมาทั้งหมดข้างต้น ตัวอย่างคุณลักษณะนักเรียนที่พบจากการวิจัย ได้แก่

1. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา
2. ความสามารถในคิดวิเคราะห์ และความสามารถในการคิดสังเคราะห์
3. ความสามารถในการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ และการให้เหตุผลเชิงอุปนัย
4. จิตวิทยาศาสตร์ แนวคิด และเจคติต่อวิทยาศาสตร์

งานวิจัยเกี่ยวกับการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

แอลลี และคณะ (Allie et al., 2009) ได้ทำการวิจัย เพื่อศึกษาแนวทางการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนสำหรับนักเรียนประถมศึกษาปีที่ 3 เรื่องโครงสร้างและการทำงานของพืช วิชาวิทยาศาสตร์ โดยใช้แนวคิดมาจากการสร้างโมเดล (Model-based learning) เมื่อสังเกตและทดสอบก่อนเรียนพบว่า นักเรียนมีความเข้าใจผิดด้านมโนทัศน์ทางชีววิทยา โดยผู้วิจัยได้สอนมโนทัศน์ที่ถูกต้องตามบทเรียนโดยใช้แบบจำลองดังกล่าว มีการใช้คำถามที่เจาะจงเพื่อให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์มากขึ้น ผลวิจัยพบว่า นักเรียนเข้าใจมโนทัศน์จากเดิม ร้อยละ15 เป็นร้อยละ 60 เข้าใจการใช้โมเดลการเรียนรู้มากขึ้นจากเดิมร้อยละ 11 เป็นร้อยละ 54 พบว่ากิจกรรมนี้เหมาะนำไปพัฒนาการเรียนการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ในระดับที่สูงขึ้นไปได้

แองเจลล่า (Angela, 2012) ได้ทำการวิจัย เพื่อศึกษาเกี่ยวกับผลของการจัดที่นั่งเรียนของนักเรียนที่ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา จำนวน 16 สัปดาห์ โดยการจัดวางที่นั่งเป็นแบบสุ่ม และแบบครูจัดเองตามสภาพแวดล้อมของแต่ละห้องเรียน เก็บข้อมูลจากการวัดทัศนคติและแรงจูงใจในการเรียนรู้จากการสำรวจแบบสอบถาม และแบบสัมภาษณ์ ผลการวิจัยพบว่าครูควรคำนึงถึงความทั่วถึงของนักเรียนทุกคนหากใช้วิธีการสอนแบบการกระตุ้น และลดบทบาทของนักเรียนลงจะทำให้นักเรียนมีแรงจูงใจในการเรียนมากขึ้น ทั้งนี้การสื่อสารระหว่างครูและนักเรียนเป็นสิ่งจำเป็นต่อความเข้าใจกันและกันอย่างทั่วถึง ข้อควรคำนึงถึงคือความพร้อมของการเรียนการสอนในแต่ละคาบของนักเรียน การศึกษาค้นคว้าแบบอิสระ และไม่เข้างวดจนเกินไป

อแล็กซานดรา และคณะ (Alexandra et al., 2013) ได้ทำการวิจัย เพื่อศึกษาแนวทางการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ด้วยแนวทางการเรียนการสอนแบบห้องเรียนกลับด้าน

(Flipped classroom) โดยการสอนแบบมีวิดิโอแลคเชอร์ส่งตรงถึงบ้านจากการที่นักเรียนได้ทำงานภายในห้องเรียน เรื่องส่วนประกอบทางเคมีที่เป็นองค์ประกอบของเซลล์ วิชาชีววิทยาระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ในภาคใต้ของกรุงเอเธนส์ ผลการวิจัยพบว่าการเรียนการสอนดังกล่าวช่วยให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนในระดับที่สูงขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ และช่วยส่งเสริมนักเรียนด้านความรับผิดชอบ การทำงานร่วม และการให้เหตุผลอย่างถูกต้องอีกด้วย

กชพรรณ บุญจา (2555) ได้ทำการศึกษาผลการใช้กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนจากการจัดประสบการณ์การเรียนรู้แบบโครงการ เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มเป้าหมาย คือ นักเรียนจำนวน 21 คน ผลการวิจัยพบว่าช่วยให้ครูได้ทบทวนการจัดประสบการณ์เรียนรู้ เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์สำหรับนักเรียน และพบว่าพัฒนาการด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ดีขึ้นทุกด้าน คือ ทักษะด้านสังเกต ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการแสดงปริมาณ ทักษะการสื่อความหมาย และทักษะการพยากรณ์สูงกว่าเกณฑ์ที่กำหนดคือ ร้อยละ 75 คิดเป็นร้อยละ 100 เมื่อวิเคราะห์รายด้าน

สิริวดี พรหมน้อย (2555) ได้ทำการวิจัยเพื่อศึกษาปัญหาด้านการเรียนการสอนวิชาชีววิทยาของเซลล์ในกลุ่มตัวอย่าง 16 คน ผลการวิจัยพบว่ากลุ่มตัวอย่างส่วนใหญ่มีปัญหาในการเรียนการสอนรายวิชาชีววิทยาของเซลล์อยู่ในระดับน้อยถึงน้อยมาก ปัญหาส่วนใหญ่ที่พบ คือ ความเครียดจากการเรียนคิดเป็นร้อยละ 18.75 รองลงมา คือ เรื่องเวลาที่ใช้ไขข้อบกพร่องในการเรียน เวลาที่ใช้ในการเตรียมตัวสอบ ความต่อเนื่องในการเรียน ความเครียดจากการสอบ ศักยภาพ และความพร้อมของนักเรียนในการเรียนวิชานี้ การขอคำปรึกษาจากครูนอกเวลาเรียน จำนวน และสภาพโต๊ะ เก้าอี้ในห้องเรียนคิดเป็นร้อยละ 6.25

อังคณา ปัทมพงศา (2555) ได้ทำการวิจัย เพื่อศึกษาการพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายด้วยการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบบ่งชี้จำนวน 48 คน โดยใช้รูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน และการสำรวจมุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ก่อนและหลังเรียนเรื่องการสังเคราะห์แสง ผลการวิจัยพบว่าการสอนธรรมชาติของวิทยาศาสตร์แบบบ่งชี้สามารถพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้ทุกด้านที่ศึกษา คือ ด้านทฤษฎี กฎทางวิทยาศาสตร์ การถูกเหนี่ยวนำ โดยทฤษฎีของความรู้ทางวิทยาศาสตร์ มิติทางสังคม วัฒนธรรม และความเป็นพลวัตรของความรู้ทางวิทยาศาสตร์

วิภา อาสิงสมานันท์ (2559) ได้ศึกษาการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน เพื่อพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์ ผู้เข้าร่วมวิจัยจำนวน 24 คน

ดำเนินการเก็บข้อมูล เพื่อสะท้อนแนวทางการจัดการเรียนรู้ และเพื่อพัฒนามโนทัศน์ จากแบบสะท้อนผลการเรียนรู้ และหลังเรียนด้วยแบบวัดมโนทัศน์ชนิดคำถามปลายเปิด จำนวน 20 ข้อ ผลการวิจัยสรุปได้ว่านักเรียนสามารถพัฒนาได้มากที่สุด คือ การถอดรหัส และมโนทัศน์ที่นักเรียนมีความเข้าใจสมบูรณ์มากที่สุด คือ เทคโนโลยีชีวภาพ (ร้อยละ 85.42) ส่วนมโนทัศน์ที่นักเรียนมีความเข้าใจคลาดเคลื่อนมากที่สุด คือ การแปลรหัส (ร้อยละ 11.11)

จากการศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน พบปัญหาบางส่วน คือ ความต่อเนื่องในการเรียน ความเครียดจากการเรียนและสอบ ศักยภาพ และแรงจูงใจ หรือ ตำแหน่งการนั่งเรียน เป็นต้น ตัวอย่างคุณลักษณะของนักเรียนที่พบจากงานวิจัย ได้แก่

1. ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เช่น ทักษะด้านสังเกต ทักษะการจำแนกประเภท ทักษะการแสดงปริมาณ ทักษะการสื่อความหมาย และทักษะการพยากรณ์ เป็นต้น
2. มโนทัศน์ชีววิทยา
3. ความสามารถในการพัฒนามุมมองธรรมชาติของวิทยาศาสตร์

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัย เรื่อง ผลการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 มีวิธีดำเนินการวิจัยดังนี้

1. ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง
2. แบบการวิจัย
3. เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย
4. วิธีดำเนินการทดลอง
5. การวิเคราะห์ข้อมูล
6. สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

ประชากรและกลุ่มตัวอย่าง

1. ประชากรที่ใช้ในการวิจัย คือ นักเรียนสายวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โรงเรียนชลกันยานุกูล จังหวัดชลบุรี ปีการศึกษา 2560 ประกอบด้วย 7 ห้องเรียนที่นักเรียนคละความสามารถ และมีลักษณะพื้นฐานที่ไม่แตกต่างกัน จำนวน 237 คน
2. กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 จำนวน 35 คน ซึ่งได้จากการสุ่มห้องเรียนแบบกลุ่ม (Cluster random sampling)

แบบการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงทดลองเบื้องต้น (Pre-experimental design) แบบ One group pretest - posttest design ซึ่งมีการทดสอบก่อน และหลังการทดลอง (O_1 และ O_2) ดังตารางที่ 9 ต่อไปนี้

ตารางที่ 9 การวิจัยเชิงการทดลองเบื้องต้น แบบ One group pretest-posttest design

กลุ่มตัวอย่าง	สอบก่อน	ทดลอง	สอบหลัง
G	O_1	X	O_2

สัญลักษณ์ที่ใช้ในแผนการทดลอง

G	แทน	กลุ่มตัวอย่าง
O_1	แทน	การทดสอบก่อนเรียนของกลุ่มตัวอย่าง
O_2	แทน	การทดสอบหลังเรียนของกลุ่มตัวอย่าง
X	แทน	การเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (จำนวน 6 แผน)

ในระหว่างดำเนินการทดลอง ผู้วิจัยได้ศึกษาผลพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยาเมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนแต่ละระยะ ดังนี้

ระยะที่ 1 ดำเนินการเรียนการสอนในแผนที่ 1 และแผนที่ 2

ระยะที่ 2 ดำเนินการเรียนการสอนในแผนที่ 3 และแผนที่ 4

ระยะที่ 3 ดำเนินการเรียนการสอนในแผนที่ 5 และแผนที่ 6

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

ผู้วิจัยดำเนินการสร้าง และตรวจหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย ดังต่อไปนี้

1. แผนการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นเครื่องมือทดลอง ดำเนินการดังนี้

1.1 ศึกษาสาระ และมาตรฐานการเรียนรู้ของกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และวิเคราะห์เนื้อหา รวมถึงจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย

1.2 ดำเนินการเขียนแผนการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้เนื้อหาที่ใช้ในการทดลอง จำนวน 6 แผนการเรียนการสอน ทั้งหมด 15 ชั่วโมง โครงสร้างแต่ละแผนการเรียนการสอนมีองค์ประกอบดังนี้

1.2.1 มาตรฐานการเรียนรู้

1.2.2 ผลการเรียนรู้

1.2.3 สาระสำคัญ

1.2.4 จุดประสงค์การเรียนรู้

1.2.5 สาระการเรียนรู้

1.2.6 กิจกรรมการเรียนการสอนที่จัดตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ มีรายละเอียดดังนี้

ขั้นการศึกษาสำรวจ เป็นขั้นที่นักเรียนได้คิด วางแผน และลงมือปฏิบัติ เพื่อสืบสอบหาคำตอบจากประเด็นปัญหาหรือสถานการณ์ ทั้งนี้นักเรียนมีการแลกเปลี่ยนความคิดเห็น โต้ตอบ เกี่ยวกับข้อมูลที่ได้มาอย่างมีเหตุผล เพื่อสร้างข้อกล่าวอ้างภายในกลุ่ม

ขั้นการสร้างความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนแลกเปลี่ยนความคิดเห็น โต้ตอบ และรวบรวมข้อมูลที่เป็นหลักฐานมากขึ้นเกี่ยวกับมโนทัศน์ที่ค้นพบจากการศึกษาสำรวจ ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับกฎ หลักการ ทฤษฎี และคำศัพท์ทางวิทยาศาสตร์ เพื่อสรุปเป็นมโนทัศน์ชีววิทยา

ขั้นการนำความรู้ไปใช้ เป็นขั้นที่เปิดโอกาสให้นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติอีกครั้ง เพื่อนำมโนทัศน์ที่เรียนรู้แล้วมาใช้อธิบาย ทำความเข้าใจ และสรุปอ้างอิงไปยังสถานการณ์อื่นเพิ่มเติมอย่างมีเหตุผลบนพื้นฐานของหลักฐานและข้อมูลที่มี แล้วนักเรียนสรุปมโนทัศน์ชีววิทยาร่วมกัน

1.2.7 สื่อ/ แหล่งการเรียนรู้

1.2.8 การวัดผลและประเมินผล

1.3 นำแผนการเรียนการสอนที่สร้างขึ้น เสนออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้องของโครงสร้างแผนการเรียนการสอน ซึ่งอาจารย์ที่ปรึกษาได้ให้ข้อเสนอแนะให้ปรับกิจกรรมให้สอดคล้องกับขั้นการเรียนการสอน และควรปรับภาษาให้ชัดเจนมากขึ้น ซึ่งผู้วิจัยนำมาทำการปรับปรุง และแก้ไขจนเรียบร้อย

1.4 นำแผนการเรียนการสอนที่แก้ไขแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ (แสดงรายชื่อดังภาคผนวก ก, หน้า 111) ด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ และด้านการวัดผลและประเมินผล จำนวน 5 คน เพื่อตรวจสอบความตรงของเนื้อหา (Content validity) ของแต่ละองค์ประกอบของแผนการเรียนการสอน โดยให้คะแนนแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scale) 5 ระดับ (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 112) มีเกณฑ์การประเมินดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง มีความเหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง มีความเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.51-3.50 หมายถึง มีความเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.51-2.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 0.00-1.50 หมายถึง มีความเหมาะสมน้อยที่สุด

จากการวิเคราะห์ ค่าความเหมาะสมองค์ประกอบของแผนการเรียนการสอนพบว่าอยู่ระหว่าง 4.2-5.0 ซึ่งสามารถนำไปใช้ได้ตามเกณฑ์ที่กำหนดว่าต้องมีค่าเฉลี่ยมากกว่า

หรือเท่ากับ 3.50 ขึ้นไป ถือว่าแผนการเรียนการสอนใช้ได้ (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2543, หน้า 117) ทั้งนี้ผู้วิจัยได้มีการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะจากผู้เชี่ยวชาญในประเด็น ดังนี้

- ปรับลดใบความรู้ให้เหมาะสมของความยากง่ายต่อระดับชั้นของนักเรียน
- ปรับภาพ และข้อความประกอบในแผนการเรียนการสอนให้ชัดเจน
- ปรับแก้คำผิด การเรียบเรียงข้อความให้ถูกต้องและเหมาะสม

1.5 นำแผนการเรียนการสอน เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย ที่ผ่านการประเมินคุณภาพจากผู้เชี่ยวชาญแล้ว นำไปทดลอง (Tryout) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง คือ ระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง เพื่อตรวจสอบความถูกต้อง และบันทึกปัญหาต่าง ๆ ที่เกิดขึ้นในระหว่างการเรียนการสอน แล้วนำมาปรับปรุงก่อนนำไปใช้จริง พบข้อสังเกต คือ กิจกรรมการนำเสนอหลักฐาน เพื่อสนับสนุนข้อกล่าวอ้างของนักเรียน ผู้วิจัยได้ดำเนินการปรับลดระยะเวลาการค้นคว้าหาข้อมูล ด้วยการมอบหมายให้นักเรียนไปสืบค้นในห้องสมุดโรงเรียนเพิ่มเติม หลังจากสิ้นสุดการเรียนการสอนไปแล้ว

1.6 นำแผนการเรียนการสอนที่ผ่านการทดลองใช้แล้วมาปรับปรุงแก้ไข และจัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปทดลองจริงกับนักเรียนกลุ่มตัวอย่างต่อไป

2. แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ซึ่งเป็นเครื่องมือรวบรวมข้อมูล มีรายละเอียด ดังนี้

2.1 ผู้วิจัยได้ศึกษาเอกสารและงานวิจัย เกี่ยวกับประเภทของความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ เพื่อกำหนดกรอบแนวคิดสำหรับการสร้างแบบทดสอบ และมีเกณฑ์การให้คะแนนแบบรูบิก (Scoring rubics) 3 ระดับ โดยยึดจากแนวคิดของดอร์สันและเวนไวท์ (Dawson & Venvile, 2009, pp. 1430-1432) ดังนี้

3 คะแนน หมายถึง การให้เหตุผลที่เป็นเหตุเป็นผล เป็นข้อความที่สอดคล้องกับเหตุผล อธิบายด้วยความเข้าใจ สามารถพินิจวิเคราะห์ถึงประโยชน์ และโทษได้

2 คะแนน หมายถึง การให้เหตุผลเชิงอารมณ์ เป็นข้อความที่ตอบโดยใช้อารมณ์ต่อผู้ที่เกี่ยวข้อง มีความห่วงใย เห็นใจต่อความรู้สึกของผู้อื่น

1 คะแนน หมายถึง การให้เหตุผลเชิงสัญชาตญาณ เป็นข้อความที่ตอบด้วยสัญชาตญาณ เป็นการตอบในทันที มักเป็นการตอบในแง่ลบหรือใช้อารมณ์ก่อนเหตุผล

0 คะแนน หมายถึง การให้เหตุผลที่ไม่สามารถจำแนกประเภทได้ เป็นลักษณะของการไม่เขียนข้อความ หรือข้อความที่ไม่สามารถ ระบุหรือจำแนกประเภทได้

2.2 สร้างแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุอย่างไม่เป็นทางการ เป็นแบบอัตนัยที่มีคำถามปลายเปิด 3 ข้อ ประกอบด้วย 1) สถานการณ์ 2) ข้อมูลประกอบสถานการณ์ เช่น รูปภาพ ตาราง แผนภูมิ ค่าสถิติ เป็นต้น และ 3) คำถามที่ให้นักเรียนแสดงการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ซึ่งแต่ละข้อมีคำถามย่อย 4 คำถาม โดยผู้วิจัยได้นำแนวคิดของวูและไซ่ (Wu & Tsai, 2011, p. 777) มาประยุกต์ใช้ในการสร้างคำถามในประเด็นต่อไปนี้

2.2.1. แนวคิดของนักเรียนที่มีต่อสถานการณ์ หรือประเด็นทางวิทยาศาสตร์

2.2.2. การสร้างข้อความสนับสนุนให้เกิดการโน้มน้าวต่อผู้อื่น

2.2.3. การสร้างข้อคิดเห็นโต้กลับที่เป็นเหตุผลด้วยข้อความที่ละเอียด และชัดเจน

2.2.4. การสร้างข้อความคัดค้าน เพื่อแสดงจุดยืนของตนเองให้เชื่อถือและยอมรับได้

2.3 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการเหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาความเหมาะสมของเนื้อหา และความชัดเจนของภาษา ซึ่งอาจารย์ที่ปรึกษามีข้อเสนอแนะให้ผู้วิจัยนำไปแก้ไข คือ ภาษาและความชัดเจนของข้อคำถาม

2.4 นำแบบทดสอบที่ปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอผู้เชี่ยวชาญ เพื่อตรวจสอบความตรงของเนื้อหา (Content validity) แล้วนำผลมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องของความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ ซึ่งมีเกณฑ์ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ

-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ

จากการวิเคราะห์ พบว่าแบบทดสอบ มีค่าดัชนีความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.8-1.0 (ภาคผนวก ค, หน้า 154) ซึ่งมีความสอดคล้องของข้อคำถามกับความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ และสามารถนำไปใช้ได้ตามเกณฑ์ 0.05-1.00 (ไชยยศ ไพวิทยศิริธรรม, 2558, หน้า 140)

นอกจากนี้ ผู้วิจัยทำการปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

- เพิ่มรูปภาพหรือโฆษณาเกี่ยวกับข่าว และเพิ่มประเด็นให้น่าสนใจมากขึ้น
- แก้ไขเรียบเรียงข้อความ และแก้ไขคำผิดให้ถูกต้อง
- เพิ่มอ้างอิงของข้อความข่าว และรูปภาพที่นำเสนอ

2.5 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ที่ผ่านการตรวจสอบจากผู้เชี่ยวชาญไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เพื่อหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) พบว่าแบบทดสอบ มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.51-0.93 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.22-0.44 (แสดงคะแนนดังภาคผนวก ค, หน้า 155) ซึ่งควรมีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ถือว่านำมาใช้ได้ (ยุทธ ไกยวรรณ์, 2559, หน้า 147)

2.6 นำแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการที่คัดเลือกวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ทั้งฉบับ จากสูตรค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-coefficient) ตามวิธีของครอนบาค (Cronbach) พบว่าแบบทดสอบ มีค่าเท่ากับ 0.85 ถือว่าใช้ได้ตามเกณฑ์ที่ค่าไม่ควรน้อยกว่า 0.80 (ยุทธ ไกยวรรณ์, 2559, หน้า 146) และสามารถนำแบบทดสอบนี้ไปดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่างได้

3. แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ซึ่งเป็นเครื่องมือรวบรวมข้อมูล โดยมีรายละเอียด ดังนี้

3.1 ศึกษาสาระ และมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 วิเคราะห์เนื้อหา และจุดประสงค์การเรียนรู้วิชาชีววิทยา ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย ครั้งนี้ยึดแนวทางการวัดพฤติกรรมการเรียนรู้ ตามหลักแนวคิดพุทธิพิสัยของบลูม จำนวน 4 ด้าน ได้แก่ ความรู้ความจำ ความเข้าใจ การนำไปใช้ และการวิเคราะห์ โดยคลอพเฟอร์ (Klopfer, 1973) นำมาพัฒนาให้สอดคล้องกับวัตถุประสงค์ของการเรียนวิทยาศาสตร์ ซึ่งผู้วิจัยสร้างเป็นข้อสอบแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ (Multiple choices) 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ ใช้จริง 30 ข้อ แสดงรายละเอียด ดังตารางที่ 10 ต่อไปนี้

ตารางที่ 10 การวิเคราะห์เนื้อหา และระดับพฤติกรรมของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน วิชาชีววิทยา เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย

จุดประสงค์การเรียนรู้	พฤติกรรมการเรียนรู้				จำนวนข้อคำถามที่สร้าง	จำนวนข้อคำถามที่ได้
	ความรู้-จำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์		
1. นักเรียนสามารถสรุปมโนทัศน์ของโครงสร้าง และหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนแก๊สของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว และสัตว์บางชนิดได้	1 (1)	1	1 (1)	1	4	2
2. นักเรียนสามารถสรุปมโนทัศน์ของโครงสร้าง และหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังได้	1 (1)	1 (1)	1 (1)	-	3	3
3. นักเรียนสามารถเปรียบเทียบโครงสร้างและหน้าที่ที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง และสัตว์มีกระดูกสันหลังได้	2	1 (1)	1 (1)	-	4	2

ตารางที่ 10 (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	พฤติกรรมการเรียนรู้				จำนวนข้อคำถามที่สร้าง	จำนวนข้อคำถามที่ได้
	ความรู้-จำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์		
4. นักเรียนสามารถเข้าใจ และสรุปมโนทัศน์ของโครงสร้าง และหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนแก๊สของคนได้	1	2 (1)	2 (2)	1	6	3
5. นักเรียนสามารถเข้าใจและสรุปมโนทัศน์กระบวนการทำงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนแก๊สของคนได้	1	2 (1)	2 (1)	1	6	2
6. นักเรียนสามารถเข้าใจและสรุปมโนทัศน์ของความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับปอดและโรคที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนแก๊สของคนได้	1 (1)	1	1	-	3	1
7. นักเรียนสามารถนำความรู้เกี่ยวกับความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับปอด และโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบหายใจไปใช้ได้	1 (1)	1 (1)	1 (1)	-	3	3
8. นักเรียนสามารถเข้าใจความหมาย และสรุปมโนทัศน์ของเสียที่เกี่ยวข้องกับระบบขับถ่ายได้	1	2 (1)	2 (2)	-	4	3

ตารางที่ 10 (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	พฤติกรรมการเรียนรู้				จำนวนข้อคำถามที่สร้าง	จำนวนข้อคำถามที่ได้
	ความรู้-จำ	ความเข้าใจ	การนำไปใช้	การวิเคราะห์		
9. นักเรียนสามารถสรุปมโนทัศน์ และเปรียบเทียบกระบวนการขับถ่ายของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว และระบบขับถ่ายของสัตว์บางชนิดได้	2	1	2 (1)	2 (2)	7	3
10. นักเรียนสามารถลงมือทำปฏิบัติการ และสรุปมโนทัศน์เกี่ยวกับการทำงานของไตได้	2 (1)	1	2 (1)	1	6	2
11. นักเรียนสามารถเข้าใจ และสรุปมโนทัศน์การทำงานของไตที่สัมพันธ์กับการรักษาดุลยภาพของน้ำและแร่ธาตุในร่างกายได้	2 (2)	2 (1)	2 (1)	1	7	4
12. นักเรียนสามารถเข้าใจความผิดปกติ และโรคที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของไต พร้อมทั้งนำเสนอแนวทางในการดูแลสุขภาพได้	1 (1)	2	2 (1)	1	6	2
รวม					60	30

3.2 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาที่สร้างขึ้น เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาและตรวจสอบความถูกต้อง ความสอดคล้องของจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหา จำนวนข้อคำถาม และความเหมาะสมของการใช้ภาษา

ผลการตรวจสอบพบว่า ควรปรับข้อคำถามให้สอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้ จากนั้น ผู้วิจัยได้ทำการปรับปรุง และแก้ไขจนเรียบร้อย

3.3 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาที่ปรับปรุงแก้ไขแล้ว เสนอผู้เชี่ยวชาญ 5 คน เพื่อตรวจสอบความตรงของเนื้อหา (Content validity) แล้วนำผลที่ได้มาหาค่าดัชนีความสอดคล้องของความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ (IOC) ซึ่งมีเกณฑ์ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับจุดประสงค์การเรียนรู้

จากการวิเคราะห์ พบว่ามีค่าความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.40-1.00 ซึ่งถือว่าสามารถนำมาใช้ได้ ตามเกณฑ์ 0.50-1.00 (ไชยยศ ไพวิทยศิริธรรม, 2558, หน้า 140) (แสดงคะแนนดังภาคผนวก ค, หน้า 156-158) นอกจากนี้ ผู้วิจัยทำการปรับปรุงแก้ไขแบบทดสอบตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

- เพิ่มคำอธิบาย และคำชี้แจงให้ชัดเจนว่านักเรียนควรตอบอย่างไร
- การปรับคำถามให้ครอบคลุมตัวเลือกปรนัยทุกข้ออย่างเหมาะสม
- การปรับภาษาในตัวเลือกปรนัยให้มีความสอดคล้อง และคล้อยตามกัน

3.4 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ (Tryout) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผ่านการเรียนเรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกายมาแล้ว เพื่อวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบ โดยตรวจให้คะแนน 1 คะแนน สำหรับข้อที่ตอบถูก และให้ 0 คะแนน สำหรับข้อที่ตอบผิด ไม่ตอบหรือตอบเกิน

3.5 จากนั้นนำแบบทดสอบมาวิเคราะห์ข้อสอบเป็นรายข้อ เพื่อตรวจสอบหาค่าความยากง่าย (p) และค่าอำนาจจำแนก (r) พบว่าข้อสอบ มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.21-0.67 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.65 ซึ่งควรมีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ถือว่านำมาใช้ได้ (ยุทธ ไกยวรรณ์, 2559, หน้า 147) (แสดงคะแนนดังภาคผนวก ค, หน้า 159-160)

3.6 นำแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาที่ผ่านการคัดเลือกไว้มาวิเคราะห์ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ทั้งฉบับตามสูตรคูเดอร์ริชาร์ดสัน (KR-20) มีค่าเท่ากับ 0.80 ซึ่งถือว่านำไปใช้ได้ (ยุทธ ไกยวรรณ์, 2559, หน้า 146) และสามารถนำแบบทดสอบดังกล่าวไปดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง

4. แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา ซึ่งเป็นเครื่องมือรวบรวมข้อมูล โดยมีรายละเอียด ดังนี้

4.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางพุทธศักราช 2551 วิเคราะห์จุดประสงค์การเรียนรู้และวิเคราะห์มโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย ซึ่งประกอบไปด้วย 3 ตอน จำนวน 15 ชั่วโมง ดังนี้

ตอนที่ 1 เรื่อง การแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์และคน จำนวน 5 ชั่วโมง

ตอนที่ 2 เรื่อง ความผิดปกติและโรคเกี่ยวกับระบบการแลกเปลี่ยนแก๊สและการขับถ่ายของเสียในสัตว์ จำนวน 5 ชั่วโมง

ตอนที่ 3 เรื่อง การขับถ่ายของเสียในคน ความผิดปกติ และโรคเกี่ยวกับระบบการขับถ่ายของเสียในคน จำนวน 5 ชั่วโมง

จากนั้นสร้างแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา เป็นแบบปรนัยชนิดเลือกตอบ 4 ตัวเลือก จำนวน 60 ข้อ ซึ่งทำการเก็บข้อมูลในระหว่างการเรียนการสอนของแต่ละระยะ และประเมินผลในรูปของผลพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียน

4.2 นำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา เสนอต่ออาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาตรวจสอบความถูกต้อง ความเหมาะสม ความสอดคล้องของจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหา รวมถึงความเหมาะสมของภาษาที่ใช้ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการแก้ไขจนเรียบร้อย

4.3 จากนั้นนำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาที่ปรับปรุงแล้ว เสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 คน เพื่อตรวจสอบความตรงของเนื้อหา (Content validity) แล้วนำผลมาหาค่าดัชนีความสอดคล้องของความคิดเห็นจากผู้เชี่ยวชาญ (IOC) ซึ่งมีเกณฑ์ ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าข้อคำถามมีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้

-1 หมายถึง แน่ใจว่าข้อคำถามไม่มีความสอดคล้องกับวัตถุประสงค์การเรียนรู้

จากการวิเคราะห์ พบว่ามีค่าความสอดคล้องอยู่ระหว่าง 0.20-1.00 ซึ่งถือว่านำมาใช้ได้ตามเกณฑ์ 0.50-1.00 (ไชยยศ ไพวิทยศิริธรรม, 2558, หน้า 140) (แสดงคะแนนดังภาคผนวก ค, หน้า 161-163) จากนั้นผู้วิจัยทำการปรับปรุง และแก้ไขแบบทดสอบตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญ ดังนี้

- ปรับ แก้ไข เรียบเรียงตัวเลือกให้มีความยาวของข้อความตามความเหมาะสม
- ปรับภาษาของคำถาม และตัวเลือกให้ถูกต้อง ชัดเจน เข้าใจง่าย

4.4 นำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา ที่ปรับปรุงแล้วไปทดลองใช้ (Tryout) กับนักเรียนที่ไม่ใช่กลุ่มตัวอย่าง ได้แก่ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ที่ผ่านการเรียน เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกายมาแล้ว เพื่อวิเคราะห์หาคุณภาพของแบบทดสอบ โดยตรวจให้คะแนน 1 คะแนน สำหรับข้อที่ตอบถูก และให้ 0 คะแนน สำหรับข้อที่ตอบผิด ไม่ตอบหรือตอบเกิน

4.5 นำแบบทดสอบมาวิเคราะห์เป็นรายข้อ เพื่อตรวจสอบหาค่าความยากง่าย (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*r*) พบว่าข้อสอบ มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20-0.77 และค่าอำนาจจำแนกอยู่ระหว่าง 0.20 - 0.47 (แสดงคะแนนดังภาคผนวก ค, หน้า 164-165) ถือว่านำมาใช้ได้ ซึ่งควรมีค่าตั้งแต่ 0.20 ขึ้นไป ถือว่านำมาใช้ได้ (ยุทธ ไกยวรรณ์, 2559, หน้า 147)

4.6 นำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา ที่ผ่านการคัดเลือก มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่น (Reliability) ทั้งฉบับ ตามสูตรคูเดอร์ริชาร์ดสัน (KR-20) พบว่าแบบทดสอบมีค่าเท่ากับ 0.81 ซึ่งถือว่านำมาใช้ได้ (ยุทธ ไกยวรรณ์, 2559, หน้า 146) และสามารถนำไปดำเนินการทดลองกับกลุ่มตัวอย่าง

วิธีดำเนินการทดลอง

ผู้วิจัยดำเนินการทดลอง และเก็บรวบรวมข้อมูล ดังรายละเอียด ต่อไปนี้

1. แนะนำขั้นตอนการดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอน และบทบาทของนักเรียนก่อนการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เพื่อเป็นการเตรียมความพร้อมของนักเรียน

2. ก่อนเริ่มการเรียนการสอน ทำการทดสอบก่อนเรียน (Pretest) ด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา

3. ดำเนินการสอนตามแผนการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย ทั้งหมด 6 แผน รวม 15 ชั่วโมง ทั้งนี้ ผู้วิจัยได้ศึกษาผลพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนใน 3 ระยะ ดังนี้

3.1 ระยะที่ 1 ผู้วิจัยทำการทดสอบก่อนเรียน และทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาตอนที่ 1 ซึ่งประกอบไปด้วยแผนการเรียนการสอนที่ 1 และ 2 (ภาคผนวก ข, หน้า 145-146)

3.2 ระยะที่ 2 ผู้วิจัยทำการทดสอบก่อนเรียน และทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาตอนที่ 2 ซึ่งประกอบไปด้วยแผนการเรียนการสอนที่ 3 และ 4

(ภาคผนวก ข, หน้า 147-148)

3.3 ระยะที่ 3 ผู้วิจัยทำการทดสอบก่อนเรียน และทดสอบหลังเรียน โดยใช้แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาตอนที่ 3 ซึ่งประกอบไปด้วยแผนการเรียนการสอนที่ 5 และ 6 (ภาคผนวก ข, หน้า 149-150)

4. เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนทั้งหมด 6 แผน ทำการทดสอบหลังเรียน (Posttest) กับกลุ่มตัวอย่าง ด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างเป็นทางการ และแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา เพื่อนำผลไปวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติที (*t*-test) แบบ Dependent sample

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. การเปรียบเทียบผลของความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการและผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา จากการทดสอบก่อนเรียน (Pretest) และทดสอบหลังเรียน (Posttest) ด้วยแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการและแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา การทดลองทั้งหมด 6 แผน ซึ่งวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ค่าสถิติพื้นฐาน และค่าสถิติที (*t*-test) แบบ Dependent sample

2. การวิเคราะห์ผลพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยา ได้จากแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา จากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียนในแต่ละระยะ ซึ่งวิเคราะห์และนำเสนอผลพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยา โดยใช้เป็นคะแนนร้อยละ (*DS%*)

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ค่าร้อยละ (*P*) เป็นวิธีการนำคะแนนที่สอบได้เทียบกับคะแนนเต็ม โดยเปลี่ยนคะแนนเต็มให้มีค่าเป็น 100 คะแนน คำนวณจากสูตรดังนี้ (สมนึก ภัททิยธนี, 2549, หน้า 260)

$$p = \frac{f}{N} \times 100$$

เมื่อ	p	แทน	ค่าร้อยละ
	f	แทน	ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นค่าร้อยละ
	N	แทน	จำนวนความถี่ทั้งหมด

1.2 ค่าเฉลี่ย $(\overline{x})$ เป็นค่าคะแนนที่เกิดจากการนำคะแนนทั้งหมดมารวมกัน แล้วหารด้วยจำนวนข้อมูลทั้งหมด เป็นการหาค่ากลาง เพื่อเป็นตัวแทนของข้อมูลจากกลุ่มตัวอย่างคำนวณได้จากสูตรดังนี้ (สมโภชน์ อเนกสุข, 2556, หน้า 19)

$$\overline{X} = \frac{\sum X}{N}$$

เมื่อ	X	แทน	ข้อมูล
	$(\overline{x})$	แทน	ค่าเฉลี่ยของข้อมูล
	$\sum X$	แทน	ผลรวมของคะแนนชุดนั้น
	N	แทน	จำนวนของข้อมูล

1.3 ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน (Standard deviation) เป็นค่าที่ใช้บอกถึงการกระจายของข้อมูลกลุ่มตัวอย่างคำนวณได้จากสูตรดังนี้ (สมโภชน์ อเนกสุข, 2556, หน้า 31)

$$S = \sqrt{\frac{\sum(x-\overline{x})^2}{n-1}}$$

เมื่อ	S	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
	x	แทน	คะแนนแต่ละค่า
	$\overline{x}$	แทน	ค่าเฉลี่ยของคะแนนจากกลุ่มตัวอย่าง
	n	แทน	จำนวนประชากร

1.4 ผลพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียน จากแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 3 ซึ่งคำนวณจากสูตรพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยา (Development score) ดังนี้ (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2556, หน้า 266-268)

$$DS\% = \frac{Y-X}{F-X} x100$$

เมื่อ	$DS\%$	แทน	คะแนนร้อยละพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียน
	X	แทน	คะแนนวัดครั้งก่อน
	Y	แทน	คะแนนวัดครั้งหลัง
	F	แทน	คะแนนเต็ม

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 ค่าความเที่ยง (Validity value) เป็นการตรวจสอบความเที่ยงตรงตามเนื้อหาของเครื่องมือวิจัยจากผู้เชี่ยวชาญที่เรียกว่า “การหาดัชนีความสอดคล้อง” (Index of congruence: IOC) คำนวณได้จากสูตรดังนี้ (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 111)

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

เมื่อ	IOC	แทน	ดัชนีความสอดคล้อง
	$\sum R$	แทน	ผลรวมคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ
	N	แทน	จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 ค่าความยากง่าย (Difficulty or difficulty index: *P*) เป็นค่าที่วิเคราะห์คุณภาพจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา คำนวณได้จากสูตรดังนี้ (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 127)

$$P = \frac{R}{N}$$

เมื่อ	P	แทน	ค่าความยากง่ายของแบบทดสอบ
	R	แทน	จำนวนผู้สอบที่ตอบถูก
	N	แทน	จำนวนผู้สอบทั้งหมด

2.3 ค่าความยากง่าย (Difficulty or difficulty index: *P*) เป็นค่าที่วิเคราะห์คุณภาพจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ โดยวิธีวิทนีย์ และซาเบอร์ (Whitney & Sabers, 1970 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 199-201)

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

เมื่อ	P	แทน	ค่าความยากง่ายของข้อสอบ
	S_U	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง
	S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ
	N	แทน	จำนวนนักเรียนของกลุ่มสูงหรือต่ำ
	$X_{\max}$	แทน	คะแนนสูงสุด
	$X_{\min}$	แทน	คะแนนต่ำสุด

2.4 ค่าอำนาจจำแนก (D_c) เป็นค่าที่วิเคราะห์คุณภาพ จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา คำนวณได้จากสูตรอีเบลและฟรีสบี (Ebel & Frisbie, 1991 อ้างถึงใน สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 122-123) ดังนี้

$$D_C = \frac{R_u}{N_u} - \frac{R_l}{N_l}$$

เมื่อ	D_C	แทน	ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบ
	R_u	แทน	จำนวนผู้สอบที่ตอบถูกในกลุ่มสูง
	R_l	แทน	จำนวนผู้สอบที่ตอบถูกในกลุ่มต่ำ
	N_u	แทน	จำนวนผู้สอบในกลุ่มสูง
	N_l	แทน	จำนวนผู้สอบในกลุ่มต่ำ

2.5 ค่าอำนาจจำแนก (r) เป็นค่าที่วิเคราะห์คุณภาพจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ โดยใช้วิธีของวิทนีย์และซาเบอร์ (Whitney & Sabers, 1970 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2543, หน้า 199-201) ดังนี้

$$r = \frac{S_U - S_L}{N\left(X_{\max} - X_{\min}\right)}$$

เมื่อ	r	แทน	ค่าอำนาจจำแนกของข้อสอบแต่ละข้อ

S_U	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มสูง
S_L	แทน	ผลรวมของคะแนนกลุ่มต่ำ
N	แทน	จำนวนนักเรียนในกลุ่มสูงหรือกลุ่มต่ำ
$X_{\max}$	แทน	คะแนนสูงสุด
$X_{\min}$	แทน	คะแนนต่ำสุด

2.6 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยคำนวณจากวิธีของคูเดอร์ริชาร์ดสัน สูตรที่ 20 (KR-20) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา จากสูตรดังนี้ (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 114-115)

$$KR-20=\frac{n}{(n-1)}\left[1-\frac{\sum pq}{S^2}\right]$$

เมื่อ n แทน จำนวนข้อของข้อคำถาม

p แทน สัดส่วนของผู้สอบที่ตอบได้คะแนน 1

q แทน สัดส่วนของผู้สอบที่ตอบได้คะแนน 0

S^2 แทน ความแปรปรวนของคะแนนรวมรายบุคคล

เมื่อ $S^2=\frac{\sum\left(x-\bar{x}\right)^2}{n}$ (n แทน จำนวนคนที่ทำการทดสอบ)

2.7 ค่าความเชื่อมั่น (Reliability) โดยคำนวณจากวิธีการสัมประสิทธิ์แอลฟาของคอนบราค (Cronbach's alpha coefficient) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ จากสูตรดังนี้ (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, หน้า 117)

$$\alpha=\frac{n}{(n-1)}\left[1-\frac{\sum S_i^2}{S^2}\right]$$

เมื่อ n แทน จำนวนข้อของข้อคำถาม

S_i^2 แทน ค่าความแปรปรวนคะแนนแต่ละข้อ

S^2 แทน ค่าความแปรปรวนคะแนนรวมในเครื่องมือ

3. สถิติที่ใช้ในการทดสอบสมมติฐาน

วิเคราะห์จากสถิติที่ *t* - test แบบ Dependent sample โดยการเปรียบเทียบผลของความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาจากการทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน เมื่อได้รับการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เพื่อทดสอบสมมติฐานข้อที่ 1 และข้อที่ 2 คำนวณได้จากสูตรดังนี้ (สมโภชน์ อเนกสุข, 2553, 114-117)

$$t = \frac{\sum D}{\sqrt{\frac{n\sum D^2 - \left(\sum D\right)^2}{n-1}}} \quad \text{และ} \quad df = n-1$$

เมื่อ	t	แทน	ค่าที่ใช้พิจารณาแจกแจงแบบ t
	D	แทน	ความแตกต่างของคะแนนแต่ละคู่
	$\sum D$	แทน	ผลรวมของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบก่อน-หลังเรียน
	$\sum D^2$	แทน	ผลรวมยกกำลังสองของความแตกต่างระหว่างคะแนนการสอบก่อน-หลังเรียน
	n	แทน	จำนวนกลุ่มตัวอย่าง หรือจำนวนคู่คะแนน

บทที่ 4
ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลในการวิจัย ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ และอักษรย่อที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ดังนี้

n	แทน	จำนวนนักเรียน
$\bar{x}$	แทน	คะแนนเฉลี่ยของนักเรียน
SD	แทน	ค่าเบี่ยงเบนมาตรฐาน
t	แทน	ค่าสถิติในการแจกแจงแบบ t
p	แทน	ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อน
df	แทน	ระดับชั้นแห่งความอิสระ
*	แทน	นัยสำคัญทางสถิติที่ .05

การเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้นำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล 3 ประเด็น ดังนี้ คือ

1. ผลของความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

2. ผลของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

3. ผลพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลของความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 11

ตารางที่ 11 ผลของความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ 4

กลุ่มทดลอง	*n*	$\bar{x}$	*SD*	*df*	*t*	*p*
ก่อนเรียน	35	11.71	2.84	34	31.45	.000*
หลังเรียน	35	30.69	2.11			

* $p < .05$

จากตารางที่ 11 พบว่านักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการหลังเรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 (แสดงคะแนนดังภาคผนวก ง, หน้า 167-168)

2. ผลของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 12

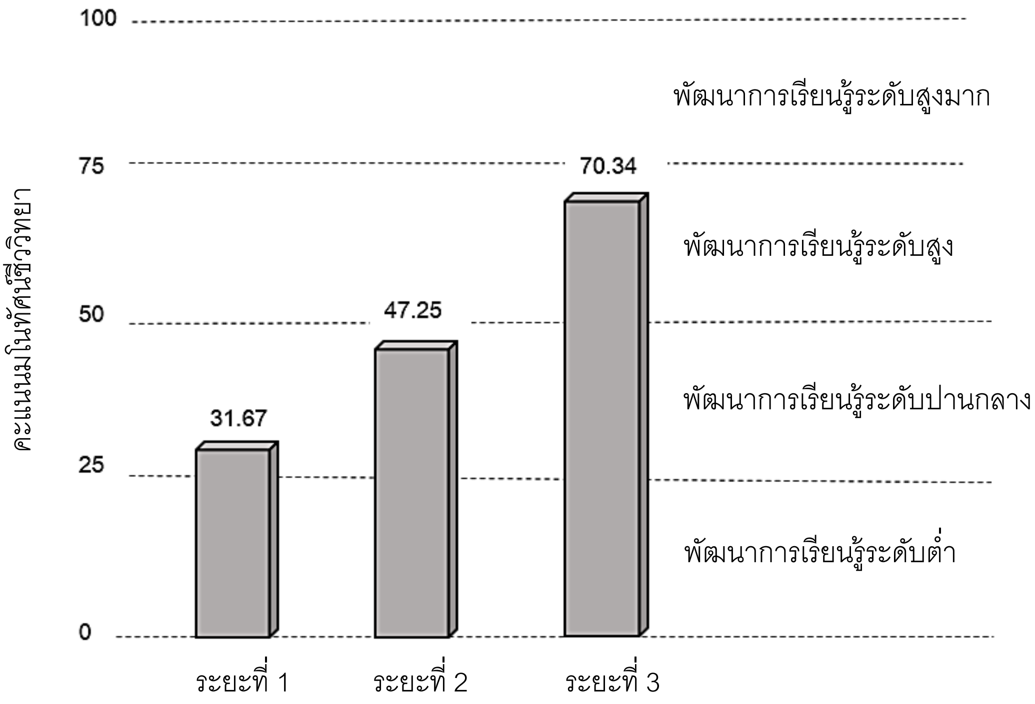
ตารางที่ 12 ผลของผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ก่อนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

กลุ่มทดลอง	*n*	$\bar{x}$	*SD*	*df*	*t*	*p*
ก่อนเรียน	35	9.23	1.72	34	17.20	.000*
หลังเรียน	35	17.57	2.28			

* $p < .05$

จากตารางที่ 12 พบว่านักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา หลังเรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 (แสดงคะแนนดังภาคผนวก ง, หน้า 169-170)

3. ผลพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังได้รับการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยระยะที่ 1 (ร้อยละ 31.67) ระยะที่ 2 (ร้อยละ 47.25) และระยะที่ 3 (ร้อยละ 70.34) ดังภาพที่ 5



ภาพที่ 5 แผนภูมิคะแนนมโนทัศน์ชีววิทยา หลังได้รับการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ (แสดงคะแนนดังภาคผนวก ง, หน้า 171-172)

จากภาพที่ 5 แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยา หลังการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ คือ นักเรียนมีคะแนนมโนทัศน์ชีววิทยา (ร้อยละ 31.67) หลังสิ้นสุดระยะที่ 1 ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีพัฒนาการเรียนรู้อยู่ในระดับปานกลาง ต่อมานักเรียนมีคะแนนมโนทัศน์ชีววิทยา (ร้อยละ 47.25) หลังสิ้นสุดระยะที่ 2 ซึ่งมีคะแนนสูงขึ้น แสดงให้เห็นว่านักเรียนมีพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยาอยู่ในระดับปานกลาง และนักเรียนมีคะแนนมโนทัศน์ชีววิทยา (ร้อยละ 70.34) เมื่อสิ้นสุดระยะที่ 3 ซึ่งแสดงให้เห็นว่านักเรียนมีพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยาอยู่ในระดับสูง

สรุปได้ว่า หลังการเรียนการสอนทั้งหมดจากระยะที่ 1 ถึง 3 พบว่านักเรียนมีพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยาที่สูงขึ้นตามลำดับ คือ จากระดับปานกลางสู่ระดับสูง ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 3

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์ เพื่อเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน และศึกษาผลพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ที่ได้รับการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ กลุ่มตัวอย่าง คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4/7 โรงเรียนชลกันยานุกูล ปีการศึกษา 2560 จำนวน 35 คน ได้มาโดยวิธีการสุ่มแบบกลุ่ม (Cluster random sampling) เครื่องมือวิจัย ได้แก่ แผนการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย มีค่าความเหมาะสมขององค์ประกอบของแผนการเรียนการสอนอยู่ระหว่าง 4.2-5.0 แบบทดสอบวัดความสามารถในการเหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ซึ่งมีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.51-0.93 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.22-0.44 และค่าความเชื่อมั่นตามวิธีสัมประสิทธิ์แอลฟาของคอนบราคเท่ากับ 0.85 แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.21-0.67 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20-0.65 และค่าความเชื่อมั่นจากวิธีของคูเดอร์ริชาร์ดสัน (KR-20) เท่ากับ 0.80 และแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา มีค่าความยากง่ายอยู่ระหว่าง 0.20-0.77 ค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20-0.47 และค่าความเชื่อมั่นตามวิธีของคูเดอร์ริชาร์ดสัน (KR-20) เท่ากับ 0.81 ซึ่งมีแบบการวิจัย เป็นการวิจัยเชิงการเบื้องต้น แบบ One group pretest-posttest design ซึ่งทำการวิเคราะห์ข้อมูล โดยการเปรียบเทียบความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาก่อนเรียนและหลังเรียน ด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้การทดสอบค่าที (*t*-test) แบบ Dependent sample ซึ่งในระหว่างดำเนินการทดลองมีการดำเนินการวิจัยตามแนวทางการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน จำนวน 3 ระยะ ผู้วิจัยได้ศึกษาผลพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยา ก่อนและหลังเรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ในแต่ละระยะ โดยการวิเคราะห์ และนำเสนอผลพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยา ซึ่งใช้เป็นคะแนนร้อยละ (*DS%*)

สรุปผลการวิจัย

1. ความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ทางวิทยาศาสตร์ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05

3. ผลพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนด้วยการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์สูงขึ้นจากระดับปานกลางไปสู่ระดับสูง

อภิปรายผลการวิจัย

จากการศึกษาผลการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สรุปผลการวิจัย และมีประเด็นการอภิปราย ดังนี้

1. ความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ

เมื่อนักเรียนเรียนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ พบว่านักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 1 ทั้งนี้เนื่องมาจากการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เป็นการเรียนการสอนที่สอดคล้องกับแนวทางที่นักเรียนใช้ในการสร้างความรู้ คิดวิเคราะห์ แสดงความคิดเห็นโต้ตอบพร้อมให้เหตุผล และทดสอบความเชื่อของตนเอง จนนำไปสู่การสร้างมโนทัศน์ที่ถูกต้องได้ (Lawson, 1995, p. 133) การเรียนการสอนในแต่ละวงจรการเรียนรู้ ครูใช้ประเด็นหรือสถานการณ์เพื่อกระตุ้นความสนใจของนักเรียน ทำให้นักเรียนได้ค้นหา สำรวจ ลงมือปฏิบัติ และเรียนรู้อย่างเต็มความสามารถ เมื่อพิจารณาแต่ละขั้นตอนของวงจรการเรียนรู้ ในขั้นการศึกษาสำรวจ พบว่านักเรียนมีการคิดวางแผน ลงมือทำการทดลอง และอภิปรายโต้แย้ง เพื่อทดสอบสมมติฐาน (Lawson, 1995, p. 136) ทั้งนี้ ครูได้นำเสนอประเด็นที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวัน พบว่านักเรียนทำการคาดเดา และพยายามหาคำตอบหรือวิธีแก้ไขในประเด็นนั้นอย่างเหมาะสม มีการแลก

เปลี่ยนความคิดเห็น โต้ตอบ และตั้งสมมติฐานภายในกลุ่มของนักเรียนและครู เช่น *“ในระหว่างที่ทำความสะอาดบ้าน นักเรียนเคยสังเกตอุจจาระจิ้งจกหรือไม่ มีลักษณะเป็นอย่างไร และคิดว่าทำไมถึงเป็นเช่นนั้น”* ซึ่งนักเรียนให้ข้อกล่าวอ้างที่หลากหลาย คือ *“เคยสังเกตอุจจาระของจิ้งจกค่ะ คือ มีลักษณะเป็นก้อนแห้งสองก้อน ก้อนหนึ่งมีสีขาวอีกก้อนมีสีดำ คาดว่าสีขาวน่าจะเป็นส่วนดีและสีดำน่าจะเป็นส่วนเสีย” “อุจจาระจิ้งจกมีลักษณะแห้งแข็ง อาจเกิดจากการตากอากาศเป็นเวลานาน ซึ่งน้ำในอุจจาระอาจระเหยไป”* ผลที่ได้เป็นดังที่คาพลัส (Karplus, 1977) ได้อธิบายไว้ว่า เมื่อนักเรียนสงสัยโดยไม่สามารถใช้แบบแผนการให้เหตุผลแบบเดิม นักเรียนจะแสดงความคิดเห็น แลกเปลี่ยน รวมทั้งอภิปรายระหว่างนักเรียนกันเอง นอกจากนี้จะเห็นได้ว่า ข้อกล่าวอ้างข้างต้น แสดงให้เห็นว่านักเรียนสามารถอธิบายให้เหตุผล เพื่อยืนยันข้อกล่าวอ้างของตนเองได้ดีสอดคล้องกับลีเวนลิน (Llewellyn, 2013, p. 23) ที่กล่าวว่าการให้ข้อกล่าวอ้างจากการโต้ตอบซึ่งกันและกัน จะส่งผลต่อการให้เหตุผล และทำให้นักเรียนเกิดการโต้แย้งอย่างมีตรรกะมากขึ้น

ขั้นการสร้างความรู้ พบว่านักเรียนได้สร้างความรู้เพิ่มเติมจากข้อกล่าวอ้างที่นักเรียนมีโดยนำไปอภิปรายเกี่ยวกับ เรื่อง การขับถ่ายของสัตว์ จากที่ครูให้ความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับของเสียที่พบในสัตว์ซึ่งมีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบ พบว่านักเรียนมีการเชื่อมโยงความรู้ร่วมกันภายในกลุ่ม จนสามารถสรุปเป็นมโนทัศชีววิทยาที่ถูกต้องตามหลักการ และทฤษฏีทางชีววิทยาที่ครูนำเสนอร่วมด้วย ดังตัวอย่างในระหว่างการอภิปราย นักเรียนเสนอหลักฐาน เช่น *“ส่วนสีขาวที่พบในอุจจาระของจิ้งจก คือ กรดยูริก สีดำ คือ กากอาหารที่ย่อยไม่ได้ โดยอุจจาระของจิ้งจกเป็นของแข็ง เพราะกรดยูริกมีคุณสมบัติละลายน้ำได้น้อย และมีความเป็นพิษน้อย”* และมีการให้เหตุผล คือ *“เนื่องจากจิ้งจกจัดเป็นสัตว์เลื้อยคลาน ซึ่งร่างกายมีการรักษาดุลยภาพด้วยการคงสภาพน้ำไว้ในร่างกาย และต้องสูญเสียน้ำให้น้อยที่สุด”* ผลสอดคล้องดังคาพลัส (Karplus, 1977) อธิบายไว้ว่า เมื่อนักเรียนปรับโครงสร้างทางความคิด อันเป็นผลมาจากการเชื่อมโยงระหว่างผลการทดลองและความรู้ที่ครูอธิบายเพิ่มเติม นักเรียนจะได้รับการกระตุ้นให้พัฒนาเหตุผลใหม่ และเป็นไปตามอาบรัสคาโต (Arbruscato, 2004, p. 48) ที่กล่าวไว้ว่าการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้เมื่อครูได้อธิบายสิ่งสำคัญของเนื้อหาการเรียนการสอน และดูแลนักเรียนอย่างทั่วถึง จะส่งผลให้นักเรียนสามารถเรียนรู้ได้อย่างเต็มที่มากขึ้น และเมื่อครูพิจารณาถึงการให้เหตุผลของนักเรียนแต่ละคน พบว่าอยู่ในระดับดีตามเกณฑ์ที่ครูกำหนด

ขั้นการนำความรู้ไปใช้ พบว่านักเรียนได้ลงมือปฏิบัติ และนำมโนทัศน์ที่ได้เรียนรู้แล้วเรื่อง ประเภทของเสียที่ใช้ในการขับถ่ายของสัตว์ ไปใช้อธิบาย หรือสรุปอ้างอิงในสถานการณ์ใหม่พร้อมให้เหตุผลเพิ่มเติมในประเด็นสถานการณ์ใหม่ที่ครูกำหนด คือ *“นักเรียนคิดว่าการรักษา-*

ดุลยภาพในร่างกายของปลาน้ำจืดและปลาน้ำเค็ม มีลักษณะเหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร" พบว่านักเรียนทุกคนสามารถอภิปราย และให้เหตุผลเรื่องดังกล่าวได้อยู่ในระดับดี จากกิจกรรมในห้องเรียนจะเห็นได้ว่า นอกจากการให้ข้อกล่าวอ้าง และการเสนอหลักฐานทางวิทยาศาสตร์ที่ถูกต้องแล้ว นักเรียนยังสามารถให้เหตุผลเพิ่มเติมได้ดี สอดคล้องกับบุญยงค์ เกศเทศและคณะ (2559, หน้า 17-18) ที่กล่าวว่าการให้เหตุผล เป็นกระบวนการทางความคิดที่ได้จากหลักฐานมาทำการสนับสนุน เพื่อแสดงให้เห็นว่าข้อสรุปควรเป็นที่ยอมรับ และน่าเชื่อถือ โดยปราศจากข้อขัดแย้งซึ่งกันและกัน สอดคล้องกับดอร์สันและเวนไวท์ (Dawson & Venvile, 2010, pp. 144-146) ที่พบว่ากิจกรรมการโต้แย้งในห้องเรียนวิทยาศาสตร์ สามารถส่งผลต่อทักษะการโต้แย้งแล้ว ยังส่งผลต่อมโนทัศน์ชีววิทยา และการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการของนักเรียนอีกด้วย

หลังจากเสร็จสิ้นกิจกรรมการเรียนการสอนดังกล่าวแล้ว พบว่านักเรียนมีการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการที่แตกต่างกันไปตามประสบการณ์ และพื้นฐานความรู้ของแต่ละคน ครูในฐานะผู้วิจัย พบว่าการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการของนักเรียน จะเป็นพื้นฐานไปสู่การให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ที่มีความละเอียดและซับซ้อนมากกว่าเดิมได้ ซึ่งเป็นไปตามเพียเจต์ (Piaget, 1972) ที่อธิบายสรุปไว้ว่า มนุษย์มีการเรียนรู้ และการให้เหตุผลตามระดับของสติปัญญาในแต่ละวัยที่แตกต่าง โดยอาศัยกระบวนการซึมซับประสบการณ์ และกระบวนการปรับขยายความรู้ให้สมดุล ซึ่งได้รับอิทธิพลมาจากสิ่งแวดล้อมตั้งแต่แรกเกิด ทั้งนี้ขึ้นอยู่กับภูมิหลัง ประสบการณ์ความเชื่อและความสนใจของแต่ละบุคคล สอดคล้องกับงานวิจัยของประภา สมสุข (2558) ที่พบว่านักเรียนมีความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการที่สูงขึ้น หลังจากการเรียนการสอนผ่านการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ และผลการศึกษาของหทัยชนก ชนะชัย (2559) ที่พบว่าความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการที่เพิ่มขึ้น เกิดจากนักเรียนสามารถสร้างข้อกล่าวอ้าง หาหลักฐานจากแหล่งข้อมูล และสร้างข้อโต้แย้งของตนเองที่แตกต่างออกไปได้ ซึ่งผ่านการเรียนการสอนโดยใช้ประเด็นทางสังคมที่มีความเกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน

2. ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา

ผลการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา หลังได้รับการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หลังเรียนที่ได้รับการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .05 ซึ่งเป็นไปตามสมมติฐานข้อที่ 2 เป็นผลมาจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา จำนวน 30 ข้อ หลังเรียนนักเรียนมีคะแนนเฉลี่ย (ร้อยละ 58.57) จากเดิมก่อนเรียนคะแนนเฉลี่ย

(ร้อยละ30.76) ซึ่งนักเรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาด้านความเข้าใจสูงที่สุดคะแนนเฉลี่ย (ร้อยละ 67.35) ด้านความรู้ความจำคะแนนเฉลี่ย (ร้อยละ 65.36) และด้านการนำไปใช้คะแนนเฉลี่ย (ร้อยละ 52.09) ส่วนด้านที่คะแนนเฉลี่ยรวมน้อยที่สุด คือ ด้านการวิเคราะห์คะแนนเฉลี่ย (ร้อยละ 40.00) เท่านั้น ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากนักเรียนไม่เคยได้รับการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มาก่อน อาจส่งผลให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาด้านการวิเคราะห์น้อยที่สุด ดังที่บลูม (Bloom, 1956, p. 48) ระบุไว้ว่าพฤติกรรมด้านการวิเคราะห์ เป็นพฤติกรรมที่นักเรียนต้องสามารถจำแนกประเภท และองค์ประกอบย่อยของสิ่งต่าง ๆ รวมถึงบอกความสัมพันธ์ระหว่างองค์ประกอบต่าง ๆ ได้อย่างถูกต้องและครบถ้วน

ทั้งนี้กิจกรรมการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ มีการส่งเสริมให้นักเรียนได้ศึกษาสำรวจ และลงมือปฏิบัติ พร้อมกับการเชื่อมโยงความรู้ทางชีววิทยากับผลการศึกษาที่นักเรียนค้นพบ เพื่อนำเสนอข้อกล่าวอ้าง หลักฐาน ให้เหตุผลได้อย่างถูกต้อง และเหมาะสมตามเกณฑ์ที่ครูกำหนด จนสามารถสรุปสร้างเป็นมโนทัศน์ชีววิทยาได้ถูกต้องร่วมกัน และสามารถนำมโนทัศน์ชีววิทยาที่ได้เรียนรู้ใช้อธิบาย หรือสรุปอ้างอิงสถานการณ์ใหม่ได้ ดังที่อาบรัสคาโต (Abruscato, 2004, pp. 48-50) ได้กล่าวไว้ว่า การนำความรู้ไปใช้ เป็นวิธีที่นักเรียนได้ค้นพบความรู้อย่างถูกต้อง และมโนทัศน์ที่นักเรียนสร้างขึ้นและนำไปใช้จะสามารถส่งผลต่อด้านอื่นของการเรียนการสอนด้วยเช่นกัน โดยเฉพาะอย่างยิ่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของลอร์สัน (Lawson, 1995, pp. 137-138) ที่พบว่าการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ ช่วยส่งเสริมผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียน นอกจากนี้ ผลการศึกษาของประกาศิต จันทศ (2537) พบว่าการเรียนการสอนด้วยโมเดลแนวทางวงจรการเรียนรู้ประยุกต์ ส่งผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้นกว่ากลุ่มควบคุม และผลการศึกษาของ สราวุฒิ บุญยืน (2542) และวิชาญ เลิศลพ (2543) ยังพบเช่นกันว่าการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ ยังส่งผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของนักเรียนให้สูงขึ้น และแตกต่างจากการเรียนการสอนแบบปกติหากมีกิจกรรมที่เน้นการคิดวิเคราะห์ อาจจะส่งเสริมให้ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนเพิ่มขึ้นได้

3. มโนทัศน์ชีววิทยา

การเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์สามารถส่งผลต่อพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยา เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกายของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 สูงขึ้น คือ จากระดับกลางไปสู่ระดับสูง ดังนี้

ระยะที่ 1 ผู้วิจัยดำเนินการเรียนการสอน เรื่อง กระบวนการแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์และคน พบว่านักเรียนได้ศึกษา สำรวจ สังเกต และรวบรวมข้อมูล แล้วสร้างข้อกล่าวอ้างในประเด็น “*ณ บริเวณที่อยู่อาศัยของนักเรียน สัตว์ต่าง ๆ มีการดำรงชีวิตอยู่ได้อย่างไร*” พบตัวอย่างข้อกล่าวอ้างของนักเรียน คือ “*สัตว์ทุกชนิดบนโลก ล้วนต้องอาศัยแก๊สออกซิเจนในการหายใจ*” แม้จะมีบางข้อกล่าวอ้างที่เกิดจากการตั้งสมมติฐาน หรือคาดเดาตามประสบการณ์การเดิมของนักเรียน ภาพรวมการสร้างข้อกล่าวของนักเรียนอยู่ในระดับพอใช้ตามเกณฑ์ที่ครูกำหนด สอดคล้องกับคารินและซัน (Carin & Sund, 1980, p. 117 อ้างถึงใน ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2554, หน้า 63) ที่กล่าวว่า การเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ นักเรียนได้ลงมือปฏิบัติอย่างเต็มที่ผ่านประสบการณ์ทางกายภาพ วุฒิภาวะ และการควบคุมความรู้ด้วยตนเองมากที่สุด ส่งผลให้นักเรียนมีพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยาอยู่ในระดับปานกลาง (ร้อยละ 31.67) เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนในระยะนี้

ระยะที่ 2 ผู้วิจัยดำเนินการเรียนการสอน เรื่อง ความผิดปกติ และโรคเกี่ยวกับทางเดินหายใจ และการขับถ่ายของสัตว์ ทั้งนี้นักเรียนได้รับมโนทัศน์ชีววิทยามาจากระยะที่ 1 บางส่วนแล้วเลยส่งผลให้นักเรียนสามารถต่อยอด ด้วยการรวบรวมข้อมูลที่หลากหลายมากขึ้น พร้อมสร้างข้อกล่าวอ้าง และนำเสนอหลักฐานที่สนับสนุนข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเองได้ พบตัวอย่างหลักฐานในประเด็น *“สภาพแวดล้อมบริเวณที่อยู่อาศัยของนักเรียน เสี่ยงต่อการเกิดโรคทางเดินหายใจหรือไม่อย่างไร” ดังนี้ คือ “เสี่ยงค่ะ โดยเฉพาะโรคมะเร็งปอด เนื่องจากไอเสียจากควันรถยนต์ เกิดจากการเผาไหม้ของน้ำมันเบนซินและน้ำมันดีเซลล์ ซึ่งมีส่วนประกอบของแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ที่รุนแรง จะส่งผลต่อการทำงานของถุงลมบริเวณปอดได้ค่ะ”* ครั้งนี้พบว่าการเสนอหลักฐานของนักเรียนมีเกณฑ์อยู่ในระดับดี สอดคล้องกับโทบินและคณะ (Tobin et al., 1994, p. 137 อ้างถึงใน ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2554, หน้า 64) ที่กล่าวว่าการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ตามแนววงจรการเรียนรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนได้สร้างความรู้ ผ่านการแสดงความคิดเห็น โต้แย้ง และสามารถสร้างมโนทัศน์ที่ถูกต้อง ซึ่งพบว่านักเรียนมีพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยาอยู่ในระดับปานกลาง แต่มีคะแนนเฉลี่ยเพิ่มขึ้น (ร้อยละ 47.25) เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนในระยะนี้

และระยะที่ 3 ผู้วิจัยดำเนินการเรียนการสอน เรื่อง การขับถ่ายของเสียในคน ความผิดปกติ และโรคเกี่ยวกับการขับถ่ายของเสียในคน ซึ่งนักเรียนได้ตอบคำถามในประเด็น “ *นักเรียนคิดว่าสีและกลิ่นในปัสสาวะ สามารถบ่งบอกถึงสาเหตุของการเกิดโรคทางปัสสาวะได้หรือไม่เพราะเหตุใด* “จากนั้นนักเรียนสร้างเป็นข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนเอง ทั้งนี้นักเรียนได้พัฒนา

ทักษะดังกล่าวจากระยะที่ 1 และ 2 ที่ผ่านมา จึงส่งผลต่อการกล้าแสดงออกในการเสนอหลักฐานของนักเรียน ให้มีความน่าเชื่อถือมากขึ้น ทั้งนี้ยังพบว่าการให้เหตุผลของนักเรียนอยู่ในเกณฑ์ดีขึ้น และครูพบตัวอย่างการให้เหตุผลจากนักเรียน คือ *“ ความผิดปกติของปัสสาวะ เช่น สีหรือกลิ่นสามารถบ่งบอกสาเหตุโรคทางเดินปัสสาวะได้ เช่น ปัสสาวะมีสีน้ำนม มีสาเหตุจากการอักเสบของทางเดินปัสสาวะ ซึ่งเกิดจากการละลายของเลือดปนมากับปัสสาวะ หรือปัสสาวะกลิ่นน้ำนมแมว มักจะพบในคนที่เป็นโรคเบาหวาน เพราะกลูโคสบางส่วนไม่สามารถกรองผ่านในไตได้หมด”* ซึ่งการให้เหตุผลของนักเรียนอยู่ในเกณฑ์ดี สอดคล้องกับลอร์สัน (Lawson, 1995, p. 137) ที่กล่าวว่าการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ ส่งเสริมให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็น โต้แย้ง และทดสอบความคิดเห็นของตนเอง จนนำไปสู่การสร้างมโนทัศน์ และพัฒนาการให้เหตุผลได้ด้วยตนเอง เมื่อสิ้นสุดการเรียนการสอนในระยะนี้ ส่งผลให้นักเรียนมีพัฒนาการเรียนรู้ด้านมโนทัศน์ชีววิทยาอยู่ในระดับสูง คือ มีคะแนนเฉลี่ย (ร้อยละ 70.34)

จากการสังเกตพฤติกรรม และประเมินจากครู พบว่านักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างข้อกล่าวอ้าง เสนอหลักฐาน และให้เหตุผลได้ในระดับดี ภาพรวมนักเรียนส่วนใหญ่สามารถสร้างมโนทัศน์ที่ถูกต้องมากกว่าเดิม เมื่อผ่านการเรียนการสอนมาแล้วจำนวน 3 ระยะ นักเรียนส่วนใหญ่ผ่านเกณฑ์การประเมินการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ตามที่ครูกำหนด ดังที่ดักกลาสและวิกเตอร์ (Douglas & Victor, 2007, pp. 2-4) กล่าวว่าการเรียนการสอนตามแนวทางการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ช่วยพัฒนาความสามารถในการสร้างข้อกล่าวอ้าง การให้เหตุผลที่สนับสนุนความเชื่อทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน สอดคล้องกับทอลแมนและฮาร์ดี (Tolman & Hardy, 1995 อ้างถึงใน สุนีย์ เหมะประสิทธิ์, 2544, หน้า 110) ที่พบว่าการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ จะส่งเสริมให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ที่ถูกต้อง ผ่านกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และเกิดการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพต่อนักเรียนมากที่สุด ทั้งนี้ผู้วิจัยพบว่านักเรียนได้ปรับเปลี่ยนพฤติกรรมการเรียนรู้ให้สอดคล้องกับการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์มากที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับผลการศึกษาของ ธวัชชัย คงนุ่ม (2550) ที่พบว่าการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้ สามารถส่งผลให้มโนทัศน์นักเรียนสูงขึ้น นอกจากนี้ เกรียงไกร อภัยวงศ์ (2548) ยังพบอีกว่า การเรียนการสอนชีววิทยาด้วยวงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานแบบนิรนัย ส่งผลต่อมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียน ถึงแม้จะต่ำกว่าเกณฑ์ร้อยละ 70 แต่สามารถส่งผลต่อด้านอื่น ได้แก่ ความสามารถในการให้เหตุเชิงวิทยาศาสตร์ได้ หากมีการพัฒนาแนวทางการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ดังกล่าว จะสามารถส่งผลต่อมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนให้สูงขึ้นไปจากเดิม

ข้อเสนอแนะ

1. ข้อเสนอแนะทั่วไปจากการวิจัย

1.1 ครูควรทำการปฐมนิเทศ หรือแนะนำนักเรียนให้เกิดความรู้ และความเข้าใจในการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เพื่อให้นักเรียนสามารถลงมือปฏิบัติได้ถูกต้อง และไม่เกิดปัญหา

1.2 ครูควรปรับเนื้อหาให้สอดคล้องกับเงื่อนไขต่าง ๆ เช่น พื้นฐานความรู้ของนักเรียน จำนวนนักเรียน ความร่วมมือในการทำงานกลุ่ม เป็นต้น

1.3 ครูควรส่งเสริม และแนะนำให้นักเรียนมีการค้นคว้าหาข้อมูลที่เป็นหลักฐานทางวิทยาศาสตร์มากขึ้น เช่น งานวิจัย วารสาร หรือเอกสารที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์จากหอสมุดโรงเรียน หรือหอสมุดระดับมหาลัยในเวลาช่วงเวลาว่าง หรือวันหยุดเสาร์-อาทิตย์ได้

1.4 นักเรียนควรมีการเตรียมความพร้อมความรู้พื้นฐาน หรือมโนทัศน์เบื้องต้นของเนื้อหาที่กำลังจะเรียน เพื่อสามารถสนับสนุนให้นักเรียนพัฒนามโนทัศน์ที่ถูกต้องได้รวดเร็วตลอดจนอาจจะส่งผลให้พัฒนาการคิดวิเคราะห์ และการให้เหตุผลทางวิทยาศาสตร์ในอนาคตได้

2. ข้อเสนอแนะสำหรับการวิจัยครั้งต่อไป

2.1 ผลการวิจัยพบว่าการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์สามารถพัฒนาความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย ครูสามารถนำการเรียนการสอนดังกล่าวไปใช้ในเนื้อหาอื่นของวิชาชีววิทยา หรือรายวิชาอื่น ๆ ที่มีการประยุกต์กับชีวิตประจำวันหรือสถานการณ์ที่ซับซ้อน เพื่อส่งเสริมให้นักเรียนได้คิดวิเคราะห์หลากหลายประเด็น และครอบคลุมเนื้อหามากที่สุด

2.2 ควรมีการศึกษาผลด้านอื่น ๆ ที่มีต่อการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เช่น ทักษะทางวิทยาศาสตร์ การคิดวิเคราะห์ การคิดอย่างมีวิจารณญาณ การให้เหตุทางวิทยาศาสตร์ เป็นต้น เพราะเป็นสิ่งจำเป็นในการเรียนวิทยาศาสตร์และสามารถนำผลดังกล่าวไปประยุกต์ใช้ต่อชีวิตประจำวันของนักเรียนได้

บรรณานุกรม

กชพรรณ บุญจา. (2555). *การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน เพื่อพัฒนาทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ของเด็กปฐมวัย.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิจัยและสถิติ, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

กัญญรัตน์ เวชชศาสตร์. (2551). ความเข้าใจเกี่ยวกับมโนทัศน์: ภาพรวมจากการสังเคราะห์งานวิจัย (Understanding “Concept”: An overview from a research synthesis). *วารสารมนุษยศาสตร์ มหาวิทยาลัยนเรศวร, 5*(1), 91-100.

กตัญญุตา ชอบชื่น. (2554). ผลการใช้การสอนเพื่อพัฒนามโนมติที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ และความสามารถในการคิดสังเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนดรุโณทัย จังหวัดตรัง. *วารสารการประชุมผลงานวิจัยระดับบัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช ครั้งที่ 2,* 1-12.

เกรียงไกร อภัยวงศ์. (2548). *ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาโดยใช้วงจรการเรียนรู้แบบการตั้งสมมติฐานนิรนัยที่มีต่อความสามารถในการใช้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาหลักสูตรการสอนและเทคโนโลยีการศึกษา, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551.* เข้าได้ถึงจาก www.curriculum51.net/ upload/cur-51.pdf.

จันทร์พร พรหมมาศ. (2541). *ผลการใช้วงจรการเรียนรู้ในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ที่มีต่อสัมฤทธิผล และพฤติกรรมการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนต้น.* ปริญญานิพนธ์ดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

จันทร์พร พรหมมาศ. (2555). *ทฤษฎีเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องในการเรียนรู้วิทยาศาสตร์. ในเอกสารประกอบการอบรมครูวิทยาศาสตร์ เรื่อง แนวคิด/ วิธีสอนวิทยาศาสตร์ที่ส่งเสริมการคิดในโครงการพัฒนาศักยภาพของครูวิทยาศาสตร์คณิตศาสตร์ เทศบาลนครแหลมฉบัง.* ชลบุรี: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

จันทร์พร พรหมมาศ. (2558). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ที่เน้นนักเรียนมีส่วนร่วม.* เอกสารประกอบโครงการวิจัยการพัฒนาศักยภาพด้านการเรียนการสอนของครูสังกัดเทศบาล นครแหลมฉบัง.

จำนง พรายแย้มแข. (2516). *เทคนิคและวิธีการสอนวิทยาศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์ไทยวัฒนพานิช.

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2554). *การจัดการเรียนรู้ตามสภาพจริง (Authentic learning)*. นนทบุรี: สหมิตรพริ้นติ้งแอนพลับลิสซิ่ง.

ชนาธิป พรกุล. (2554). *การสอนกระบวนการคิด (ทฤษฎีและการนำไปใช้)* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชุติมา รอดสุด. (2550). *ผลของการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรักติวิสต์ที่มีต่อมโนทัศน์ชีววิทยา และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงอุปนัยของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไชยยศ ไพวิทยศิริธรรม. (2558). *วิธีวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ (Research methodology in behavioral and social sciences)*. นครปฐม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยศิลปากร.

ทิศนา แขมมณี. (2558). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 15). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธีระวุฒิ เอกะกูล. (2551). *การวิจัยปฏิบัติการ (Action research)*. อุบลราชธานี: ยงสวัสดิ์อินเตอร์กรุ๊ป.

ธวัชชัย คงนุ่ม. (2550). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนมติวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

ณัฐธิดา เยาวลักษณ์โยธิน. (2559). *การเปรียบเทียบการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรักติวิซึมและการจัดการเรียนรู้ตามแนวคอนสตรักติวิสซึมร่วมกับเทคนิคแผนผังมโนทัศน์ เรื่อง ระบบการย่อยอาหารของมนุษย์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาชีววิทยาศึกษา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

ณัฏฐภรณ์ หลาวทอง. (2559). *การสร้างเครื่องมือการวิจัยทางการศึกษา.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณัฏฐ์พฐู เสริมสุขและคณะ. (2558). การพัฒนาทักษะการโต้แย้งของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 หัวข้อชีวิตกับสิ่งแวดล้อม โดยการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์. *วารสารการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยรังสิตประจำปี 2558,* 1348-1355.

ดวงดาว กีรติกานนท์. (2553). *การให้เหตุผล (Reasoning)* (พิมพ์ครั้งที่ 10). ปทุมธานี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยกรุงเทพ.

นวลลออ ทินานนท์. (2540). การสอนมโนทัศน์: หัวใจของการเรียนรู้. *วารสารศิลปกรรมศาสตร์ คณะศิลปกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ, 5*(2), 41-44.

บุญชม ศรีสะอาด. (2553). *การวิจัยสำหรับครู* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาส์น.

บุญยงค์ เกศเทศและคณะ. (2551). *มนุษย์กับการใช้เหตุผล(Man and reasoning)* (พิมพ์ครั้งที่ 4). มหาสารคาม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ประภา สมสุข. (2558). *การพัฒนารูปแบบการจัดการเรียนรู้วิชาฟิสิกส์ที่ใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์แบบ2I3Cสำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.* ปริญญานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

ประสาท เนืองเฉลิม. (2558). *การเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในศตวรรษที่ 21*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ปรีชา ช้างขวัญยืนและคณะ. (2550). *การใช้เหตุผล: ตรรกวิทยาเชิงปฏิบัติ.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พัชรมัย นิ่มลออ. (2560). *ผลการใช้แนวคิดการเรียนรู้โดยใช้บริบทเป็นฐานที่มีต่อความเข้าใจมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พงศ์พรหม พรเพิ่มพูน. (2556). *ผลการใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบสถานการณ์สองบทบาทที่มีต่อมโนทัศน์ เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาวิทยาศาสตร์, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

พวงเพ็ญ อินทรประวัติ. (2537). *รูปแบบการสอน.* สงขลา: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ สงขลา.

พอหทัย พิพัฒนชัยภูมิและคณะ. (2560). การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะที่ขับเคลื่อนด้วยกลวิธีโต้แย้งเป็นฐานที่เน้นกิจกรรมปฏิบัติการ เพื่อส่งเสริมความเข้าใจธรรมชาติของวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 เรื่อง การสืบพันธุ์ของพืชดอก และการเจริญเติบโต. *วารสารการนำเสนอผลงานวิจัยระดับชาติเครือข่ายบัณฑิตศึกษามหาวิทยาลัยราชภัฏภาคเหนือครั้งที่ 17 ประจำปี 2560*, 127-138.

พิจิตรา ศรีพัดยศ. (2558). *ผลการจัดการเรียนรู้โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้แบบวัฏจักร 7 ขั้นร่วมกับการจัดการเรียนรู้แบบร่วมมือเทคนิคจิ๊กซอร์ 2 วิชาชีววิทยา เรื่อง การตอบสนองของพืช เพื่อพัฒนาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยบูรพา.

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2545). *พฤติกรรมการสอนวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพ.

พิมพ์พันธ์ เดชะคุปต์. (2545). *แนวคิดและแนวทางของการจัดการเรียนการสอนที่ยึดผู้เรียนเป็นศูนย์กลาง.* กรุงเทพฯ: สถาบันพัฒนาคุณภาพ.

ไพศาล วรคำ. (2559). *การวิจัยทางการศึกษา (Education research)* (พิมพ์ครั้งที่ 8). มหาสารคาม: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

แผนพัฒนาการศึกษาแห่งชาติของกระทรวงศึกษาธิการฉบับที่ 12. (2560). เข้าได้ถึงจาก http://www.moe.go.th/moe/th/news/detail.

ภคพร อิสระ. (2558). *ผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอนแบบมีการโต้แย้งร่วมกับเทคนิคการเรียนรู้แบบร่วมมือที่มีผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนเคมี และความสามารถในการให้เหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลายโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค,* วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรการสอน, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ภพ เลาหไพบูรณ์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพานิช.

ภัทราพร เกษสังข์. (2559). *การวิจัยปฏิบัติการ (Action research)*. กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สมนึก ภัททิยธนี. (2553). *การวัดผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สมโภชน์ อเนกสุข. (2553). *วิธีการวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์ (Research methods in behavioral and social sciences).* ชลบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยบูรพา.

สมโภชน์ อเนกสุข. (2556). *วิธีการวิจัยทางสถิติสำหรับการวิจัย (Statistical methods for research)* (พิมพ์ครั้งที่ 6). ชลบุรี: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยบูรพา.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ(องค์การมหาชน). (2560). *รายงานผลสอบ O-NET.* เข้าได้ถึงจาก http://www.niets.or.th/th/catalog/view/241

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2546). *การจัดการเรียนรู้กลุ่มวิทยาศาสตร์หลักสูตรการศึกษาขั้นพื้นฐาน.* กรุงเทพฯ: สถาบันการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). *คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมชีววิทยา เล่ม 2 (ม.4-ม.6)* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพ: สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมสวัสดิการและสวัสดิภาพครูและบุคลากรทางการศึกษา.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2559). *รายงานผลการวิจัยโครงการTIMSS 2015.* เข้าได้ถึงจาก http://timssthailand.ipst.ac.th

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2560). *ผลการประเมิน PISA 2015.* เข้าได้ถึงจาก http://pisathailand.ipst.ac.th/

สกุล มูลแสดง. (2554). *สัมมนาการสอนวิทยาศาสตร์ (Seminar in science teaching).* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

สันติชัย อนุวรชัย. (2553). *ผลของการเรียนการสอนชีววิทยาด้วยรูปแบบการเรียนการสอนสืบสอบร่วมกับกลวิธีการโต้แย้งที่มีต่อความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์และความมีเหตุผลของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย.* วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สิริวดี พรหมน้อย. (2555). *ปัญหาด้านการจัดการเรียนการสอนรายวิชาของเซลล์.* อุตรดิตถ์: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยราชภัฏอุตรดิตถ์.

สิริพักตร์ แจ้งไพร. (2558). *การใช้ภาษาแสดงเหตุผล.* เข้าได้ถึงจาก http://blog.eduzones.com.

สิริภัทร์ พราหมณีย์. (2554). *หลักชีววิทยา* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สราวุฒิ บุญยืน. (2542). *การศึกษารูปแบบการสอนวิชาวิทยาศาสตร์ด้วยวิธีวงจรการเรียนรู้ เรื่อง เครื่องใช้ไฟฟ้าภายในบ้านของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

สุกัญญา ประดิษฐ์แท่นและคณะ. (2556). *การเปรียบเทียบผลการเรียนประเด็นปัญหาทางสังคมที่เกี่ยวข้องกับการใช้วิทยาศาสตร์ โดยใช้รูปแบบการเรียนผสมผสานกับรูปแบบการเรียนปกติ ที่มีต่อความสามารถในการโต้แย้ง และการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่มีแรงจูงใจใฝ่สัมฤทธิ์ต่างกัน.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

สุคนธ์ สินธพานนท์. (2558). *การจัดการเรียนรู้ของครูยุคใหม่ เพื่อพัฒนาทักษะของผู้เรียนในศตวรรษที่ 21.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุรศักดิ์ อมรรัตนศักดิ์. (2553). *การวัดเชาวน์ปัญญาและความถนัด (Measurement of intelligence and aptitude).* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยรามคำแหง.

สุรเดช ศรีทาและศศิเทพ ปิติพรเทพิน. (2559). *การพัฒนาทักษะการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในหน่วยการเรียนรู้เรื่องอาณาจักรโพรทิสตาผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2554). จิต*วิทยาการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุวัฒน์ นิยมค้า. (2531). *การสอนวิทยาศาสตร์แบบพัฒนาความคิด.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. (2544). วัฏจักรการเรียนรู้. *สารานุกรมศึกษาศาสตร์, 22*(1), 103-111.

สุวิมล ว่องวาณิช. (2554). *การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน* (พิมพ์ครั้งที่ 11). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2556). *ทฤษฎีการทดสอบแบบดั้งเดิม (Classical test theory)* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ศศิเทพ ปิติเทพิน. (2558). *การจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์กับสังคมแห่งศตวรรษที่ 21.* สมุทรปราการ: บอสการพิมพ์.

ยุทธ ไกยวรรณ์. (2559). *การวิจัยและพัฒนาหลักสูตรฝึกอบรม* (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เยาวดี รางชัยกูล วิบูลย์ศรี. (2552). *การวัดผลและการสร้างแบบสอบผลสัมฤทธิ์ (Measurement and achievement test construction)* (พิมพ์ครั้งที่ 8). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

วิภา อาสิงสมานันท์. (2559). การวิจัยปฏิบัติการเพื่อพัฒนามโนทัศน์ เรื่อง พันธุศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ด้วยการจัดการเรียนรู้โดยใช้การโต้แย้งเชิงวิทยาศาสตร์ในประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์. *วารสารวิชาการและวิจัยสังคมศาสตร์ มหาวิทยาลัยราชภัฏนครสวรรค์ ประจำปี 2560, 12*(35), 87-100.

วิชาญ เลิศลพ. (2543). *การเปรียบเทียบผลการเรียนรู้โดยวิธีการจัดการเรียนการสอนตามรูปแบบวัฏจักรการเรียนรู้ รูปแบบ สสวท. และรูปแบบการผสมผสานระหว่างวัฏจักรการเรียนรู้กับสสวท.* ปริญญานิพนธ์การศึกษาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

วิชัย เสวกงาม. (2557). ความสามารถในการให้เหตุผล: ความสามารถที่จำเป็นสำหรับผู้เรียนในศตวรรษที่ 21. *วารสารครุศาสตร์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย, 42*(2), 207-223.

วีระชาติ สวนไพรินทร์. (2531). *การสอนวิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

หทัยชนก ชนะชัย. (2559). การพัฒนาการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 ห้องเรียนพิเศษวิทยาศาสตร์ เกี่ยวกับระบบประสาทและอวัยวะรับความรู้สึกผ่านการจัดการเรียนรู้โดยใช้ประเด็นทางสังคมที่เกี่ยวเนื่องกับวิทยาศาสตร์เป็นฐาน. *วารสารการประชุมวิชาการระดับชาติ มหาวิทยาลัยรังสิต ประจำปี 2559,* 1348 - 1356.

อรยา แจ่มใจ. (2557). *การพัฒนาความสามารถในการสร้างคำอธิบายเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ด้วยรูปแบบการเรียนการสอนแบบสืบเสาะร่วมกับกลวิธีการโต้แย้ง.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อานุภาพ ห่วงสมจิตร และเอกรัตน์ ทานาค. (2559). การศึกษาทักษะการอภิปรายโต้แยงทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4. *วารสารการประชุมทางวิชาการมหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์ครั้งที่ 54,* 74-81.

อังคณา ปัทมพงศา. (2555). *การศึกษาแนวคิด เรื่อง การสังเคราะห์แสงและมุมมองธรรมชาติในวิทยาศาสตร์ โดยใช้การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการสอนธรรมชาติวิทยาศาสตร์แบบชัดแจ้งของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย.* วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

อัชรา เอิบสุขสิริ. (2559). *จิตวิทยาสำหรับครู* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

เอกภูมิ จันทรขันตี. (2559). การจัดการเรียนการสอนเพื่อส่งเสริมทักษะการโต้แย้งในชั้นเรียนวิทยาศาสตร์ (Instruction for promoting argumentation skill in science classroom). *วารสารมหาวิทยาลัยราชภัฏยะลา, 11*(1), 217-232.

Abruscato, J. (2004). *Teaching children science: Discovery methods for the elementary and middle grades*. The United States of America: library of congress cataloging-in-publication data.

Alexandra, K., & Dimitroglon, E., & Mavrikaki, E., & Galanopoulou, D. (2013). Action research on using flipped classroom principles to teach upper high school biology. *Greece: International conference in open & Distance learning*, *2*, 145-147.

Allie, C., & Elaward, J., & Mohamed, S. (2009). *Action research project at salina elementary school.* The United States of America: The University of Michigan-Dearborn.

Angela, J. H. (2012). *The effect of seating assignments on student achievement in the biology classroom*. The United States of America: Montana State University.

Berland, K. L., & Reiser, J. B. (2008). Making sense of argumentation and explanation. *Journal of science education 2009, 93*(1), 26-37.

Bybee, R. H. (2006). *The BSCS 5E instructional model: Origins and effectiveness.* Colorado spring: BSCS.

Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objective, Handbook I: Cognitive domain*. New York: Mckay.

Carr, W., & Kemmis, S. (1986). *Becoming critical: Education, Knowledge and research.* Basingstoke: Falmmer press.

Carin, A. A., & Sund, R. E. (1975). *Teaching modern science* (2nd ed). Columbus, Ohio: Merri Publishing company.

Campbell, C. T. (1982). *A teacher's guide to the learning cycle*. The United States of America: The University of Nebraska.

Cope, B., & Kalanzis, M., & Elizabeth, B.F. (2013). Scientific in writing: Learning scientific argument in principle and practice. *Journal of e-learning and Digital media, 10*(4), 420-441.

Driver, R., & Newton, P., & Osborne, J. (2000). Establishing the norms of scientific argumentation in classroom*. Journal of science education*, *84*, 287-312.

Dawson, V. M., & Venville, G. (2009). High-school students' informal reasoning and argumentation about biotechnology: An indicator of scientific literacy?. *The international journal of science education. 31*(11), 1421-1445.

Dawson, V. M., & Venville, G. (2010). Teaching strategies for developing students' argumentation skills about socioscientific issue in high school genetics. *Journal of research in science education, 40*, 133-148.

Douglas, C. Y., & Victor, S. (2007). *Scaffolding scientific argumentation between multiple students in online learning environments to support the development od 21st century skills*. Retrieved from https://sites.nationalacademies.org

Jacobson, W. J., & Bergman, A. B. (1991). *Science for children a book for teachers* (3rd ed.). Englewood Cliffits, New Jersey: Prentice hall.

Joyce, B., & Weil, M. (1972). Conceptual complexity, Teaching style and model of teaching. *A paper prepare for the national council for the social studies: Columbia University, 72*. 1-25.

Karplus, R. E. (1977). Science teaching and the development of reasoning. *Journal of research in science teaching, 14*,169-175.

Kemmis, S., & Mctaggart, R. (1988). *The action research planner* (3rd ed.). Victoria: Darkin University.

Klopfer, E. L. (1973). A Structure for the affective domain in relation to science education. *Learning research and development center,* 1-25.

Lawson, A. E. (1995). *Science teaching and the development of thinking*. Belmont: Wadsworth publishing company.

Lederman, J. S. (1970). *Teaching scientific inquiry: Exploration, direct, guided, And opened-ended levels*. National Geographic. Chicago: Illinoids.

Levin, M. D., & Kramer, F. J., & Keselman, A., & Whitlock, B. B. (2012). Making The argument. *Journal of science teaching, 79*(5), 46-50.

Lee, Y. C., & Grace, M. (2012). Students' reasoning and decision making about a socioscientific issue: A cross-context comparison. *Journal of science education, 92*(5), 787-807.

Llewellyn, D. (2013). *Teaching high school science through inquiry and argumentation* (2nd ed.). The United States of America: Library of congress cataloging-in-publication data.

Llewellyn, D., & Rajesh, H. (2011). *Fostering argumentation skills: Doing what real scientists really do,* 22-28.

Maier, J. S., & Marek, A. E. (2006). The learning cycle: A reintroduction. *Journal of The Physics teacher, 44.*

Marek, A. E. (2008). Why the learning cycle?. *Journal of elementary science education, 20*(3), 63-69.

Marek, A. E., & Methven, B. S. (1991). Effect of the learning cycle upon student and classroom teacher performance. *Journal of research in science teaching, 28*(1), 41-53.

Martin, L. H. (2002). Defining inquiry: Exploring the many types of inquiry in the science classroom. *Journal of science teacher, 69*(2), 34-37.

Means, M. L., & Voss, J. F. (1996). Who reasons well? Two studies of informal reasoning among children of different grade, ability, and knowledge levels. *Cognition and Instruction, 14,* 139-178.

National Science Education Standard. (1996). Washington, DC: National academies press.

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 learning and teaching.* Washington, DC: National academy press.

National Research Council. (2012). *A framework for K-12 science education: practices, crosscutting concepts, and core ideas*. Washington, DC: National academies press.

Osborne, J., & Patterson, A. (2011). Scientific argument and explanation: A necessary distinction? *Journal of science education, 95*(4), 627-638.

Purser, R. K., & Renner, J. W. (1983). Results of two-grade biology teaching procedures. *science education. 67*(1), 85-98.

Reiser, J. B., & Berland, K. L., & Kenyon, L. (2011). Engaging students in the scientific practices of explanation and argumentation: Understanding a framework for K-12 science education. *Journal of science and children, 49*(8), 8-13.

Sadler, T. D. (2004). Informal reasoning regarding socioscientific issue: A critical review of research. *Journal of research in science teaching, 41*(5), 513-536.

Sampson, V., & Grooms, J., & Walker, P. J. (2011). Argument-Driven inquiry as a way to help students learn how to participate in scientific argumentation and craft written argument: An exploratory study. *Journal of science education, 95*(2), 217-257.

Sampson, V., & Schleigh, S. (2012). *Science argumentation in biology 30 classroom activities.* The United States of America: National science teachers association.

Sampson, V., & Enderle, P., & Grooms, J. (2013). Argumentation in science education. *Journal of science teacher*, *80*(5), 30-33.

Sund, R. B., & Trowbridge, L. W. (1973). *Teaching science by Inquiry in the secondary school* (2nd ed.). Ohio: A bell & Howell company.

Trowbridge, W. L., & Bybee, W. R. (1986). *Becoming a secondary school science teacher* (4st ed.). Columbus: Merrill publishing company.

Wu, T. Y., & Tsai, C. C. (2011). The effects of different on-line searching activities on high school students' cognitive structures and informal reasoning regarding a socio-scientific issue. *Journal of research on science education, 41*(5), 770-777.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

- รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ
- สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือในการทำวิจัย
- สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือการวิจัย
- สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

รายชื่อผู้เชี่ยวชาญ

1. อาจารย์ ดร.สมพงษ์ ปั้นหุ่น	อาจารย์ประจำภาควิจัย และจิตวิทยาประยุกต์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
2. อาจารย์ ดร.กิตติมา พันธ์พฤกษา	อาจารย์ประจำภาควิชาการจัดการเรียนรู้ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
3. อาจารย์ ดร.สาลินี ขจรพิสิษฐ์ศักดิ์	อาจารย์ประจำภาควิชาชีววิทยา คณะวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
4. อาจารย์จำเนียร ตั่นไพบูลย์	ครูชำนาญการพิเศษ โรงเรียนชลกันยานุกูล อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี
5. อาจารย์ศิวพร ศรีจรัญ	ครูโรงเรียนชลกันยานุกูล อำเภอเมือง จังหวัดชลบุรี

(สำเนา)

ส่วนงาน คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ โทร 2029, 2069

ที่ ศธ. 6218/ว. 3355 วันที่ 19 ตุลาคม พ.ศ. 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน *(แสดงดังรายชื่อผู้เชี่ยวชาญ หน้า 111)*

ด้วยนางสาวพรพิมล คงเจริญสุข นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง“ ผลการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ” โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.จันทร์พร พรหมมาศ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนของการสร้างเครื่องมือ เพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือ เพื่อทำการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ ปฏิบัติการแทน

(สำเนา)

ที่ ศธ 6218/ว.1950

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ. เมือง จ.ชลบุรี 20131

5 ตุลาคม 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน *(แสดงดังรายชื่อผู้เชี่ยวชาญ หน้า 111)*

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วยนางสาวพรพิมล คงเจริญสุข นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง " ผลการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ ๔" โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.จันทร์พร พรหมมาศ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนของการสร้างเครื่องมือ เพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือ เพื่อทำการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ ปฏิบัติการแทน
ผู้ปฏิบัติหน้าที่อธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้
โทรศัพท์ 0-3839-3486, 0-3810-2069
โทรสาร 0-3839-3485
ผู้วิจัย 087-552884

(สำเนา)

ที่ ศธ 6218/2216

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ. เมือง จ.ชลบุรี 20131

5 ตุลาคม 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนชลกันยานุกูล

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วยนางสาวพรพิมล คงเจริญสุข นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ ผลการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ” โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.จันทร์พร พรหมมาศ ประธานกรรมการ มีความประสงค์ ขออำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โดยผู้วิจัยจะขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ระหว่างวันที่ 7 ธันวาคม พ.ศ. 2560 – 15 ธันวาคม พ.ศ. 2560 อนึ่งโครงการวิจัยนี้ ได้ผ่านขั้นตอนการพิจารณาทางจริยธรรมการวิจัยของมหาวิทยาลัยบูรพาเรียบร้อยแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ ปฏิบัติการแทน
ผู้ปฏิบัติหน้าที่อธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้
โทรศัพท์ 0-3839-3486, 0-3810-2069
โทรสาร 0-3839-3485
ผู้วิจัย 087-5528847

(สำเนา)

ที่ ศธ 6218/2217

คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
169 ถ.ลงหาดบางแสน ต.แสนสุข
อ. เมือง จ.ชลบุรี 20131

5 ตุลาคม 2560

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์การเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนชลกันยานุกูล

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วยนางสาวพรพิมล คงเจริญสุข นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง " ผลการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ ที่มีต่อความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4" โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.จันทร์พร พรหมมาศ ประธานกรรมการ มีความประสงค์ขออำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียน นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 โดยผู้วิจัยจะขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ระหว่างวันที่ 18 ธันวาคม พ.ศ. 2560 – 26 มกราคม พ.ศ. 2560 อนึ่งโครงการวิจัยนี้ ได้ผ่านขั้นตอนการพิจารณาทางจริยธรรมการวิจัยของมหาวิทยาลัยบูรพาเรียบร้อยแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่า คงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ

เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ ปฏิบัติการแทน
ผู้ปฏิบัติหน้าที่อธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้
โทรศัพท์ 0-3839-3486, 0-3810-2069
โทรสาร 0-3839-3485
ผู้วิจัย 087-5528847

ภาคผนวก ข

- ตัวอย่างแผนการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย
- ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถในการเหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ
- ตัวอย่างแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา
- ตัวอย่างแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา

ตัวอย่างแผนการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

กลุ่มสาระการเรียนรู้ วิทยาศาสตร์ **รายวิชา** ชีววิทยา ว31242
ระดับชั้น มัธยมศึกษาปีที่ 4 **ภาคเรียนที่** 2 **ปีการศึกษา** 2560
หน่วยการเรียนรู้ที่ 6 **เวลา** 3 ชั่วโมง
เรื่อง การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิด **ผู้สอน** นางสาวพรพิมล คงเจริญสุข

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 1:1 เข้าใจหน่วยพื้นฐานของสิ่งมีชีวิต ความสัมพันธ์ของโครงสร้าง และหน้าที่ของระบบต่าง ๆ ของสิ่งมีชีวิตที่ทำงานสัมพันธ์กัน มีกระบวนการสืบเสาะหาความรู้สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ และนำความรู้ไปใช้ในการดำรงชีวิตของตนเอง และดูแลสิ่งมีชีวิต

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูล และเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่า วิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ผลการเรียนรู้

สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายเกี่ยวกับระบบหายใจ ระบบขับถ่าย ระบบหมุนเวียนเลือด ระบบน้ำเหลือง และระบบภูมิคุ้มกัน

สาระสำคัญ

สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวพวกโพรทิสต์ขนาดเล็กส่วนใหญ่อาศัยอยู่ในน้ำ ของเสียต่าง ๆ เกิดจากแมเทบอลิซึม ได้แก่ แก๊สคาร์บอนไดออกไซด์และแอมโมเนีย ดังนั้นการขับของเสียจะแพร่ออกจากเยื่อหุ้มเซลล์อยู่สู่สิ่งแวดล้อมได้โดยตรง ส่วนหนอนตัวแบนจะมีระบบเฟลมเซลล์ (Flame cell system) ซึ่งมีลักษณะเป็นท่อขับถ่ายอยู่ 2 ข้างลำตัวและแตกแขนงเป็นหลอดฝอยแทรกไปทั่วตัว สัตว์จำพวกแมลงมีการขับถ่ายของเสียโดยมัลพิเกียน (Malphigian tubule) ซึ่งมีลักษณะเป็นท่อหลอดเล็กปลายตันจำนวนมาก ยื่นออกมาจากรอยต่อทางเดินอาหารส่วนท้าย และลอยอยู่ในแอ่งรับเลือด สำหรับกุ้งขับถ่ายของเสียโดยใช้ต่อมเขียว (Green gland) อยู่บริเวณส่วนหัวเหนือปากเล็กน้อยโดยในช่องที่มีของเหลวบรรจุอยู่ ในขณะที่นกและสัตว์เลื้อยคลานขับถ่ายของเสียออกมา

ของสารกึ่งของแข็งของเหลวในรูปกรดยูริก เพื่อเป็นการสงวนรักษาน้ำของไต เนื่องจากนกต้องใช้แมเทบอลิซึมในการดำรงชีพสูง

จุดประสงค์การเรียนรู้

1. นักเรียนสามารถเข้าใจความหมาย และสรุปมโนทัศน์ของเสียที่เกี่ยวข้องกับระบบขับถ่ายได้

2. นักเรียนสามารถสรุปมโนทัศน์ และเปรียบเทียบกระบวนการขับถ่ายของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว และกระบวนการขับถ่ายของสัตว์บางชนิดได้

สาระการเรียนรู้

1. สัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง

1.1 ฟองน้ำ และไฮดราเป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว ทุกเซลล์สามารถสัมผัสกับน้ำโดยตรง

1.2 หนอนตัวแบน มีระบบเฟลมเซลล์ (Flame cell system) ซึ่งเป็นท่อขับ (Excretory canal) ถ่ายที่อยู่สองข้างของลำตัว ท่อนี้จะแตกแขนงเป็นหลอดฝอยขับถ่าย (Excretory tubule) แทรกเข้าไปในเนื้อเยื่อต่าง ๆ ภายในเป็นช่องและขนเซลล์ (Cillia) ทำหน้าที่โบกพัดน้ำ และสิ่งขับถ่ายให้ไหลจากเฟลมเซลล์เข้าสู่หลอดลมฝอยขัยถ่าย แล้วถูกขับออกทางรูทวาร (Excretory pore) ที่ผิวลำตัวต่อไป

1.3 ไส้เดือนดิน เป็นสัตว์ลำตัวเป็นปล้อง มีอวัยวะขับถ่าย เรียกว่า เนฟริเดียม (Nephridium) เป็นท่อขดไปมามีปลายเปิดสองข้าง ทำหน้าที่รับของเหลวจากลำตัว และทำหน้าที่ขับถ่ายของเสียพวกแอมโมเนียและยูเรีย ส่วนน้ำและแร่ธาตุบางชนิดมีประโยชน์จะถูกดูดกลับโดยเนฟริเดียมทำหน้าที่ทั้งกรองและดูดสารกลับ

1.4 แมลง มีอวัยวะขับถ่ายเรียกว่ามัลพิเกียนทิวบูล (Malphigian tubule) เป็นท่อเล็ก ๆ จำนวนมาก มีลักษณะคล้ายถุงยื่นออกมาจากทางเดินอาหารตรงบริเวณรอยต่อของทางเดินอาหารส่วนกลาง (กระเพาะอาหาร) กับส่วนท้าย (ลำไส้)

2. สัตว์มีกระดูกสันหลัง เช่น นกสัตว์เลื้อยคลาน ส่วนใหญ่มีโครงสร้างร่างกายที่ป้องกันการสูญเสียน้ำออกจากร่างกาย เช่น มีผิวหนังหนา มีเกล็ดหรือขนปกคลุมร่างกาย นอกจากนี้ยังมีการขับถ่ายของเสียที่มีไนโตรเจนเป็นองค์ประกอบในรูปกรดยูริก ซึ่งใช้น้ำในการกำจัดน้อยมาก

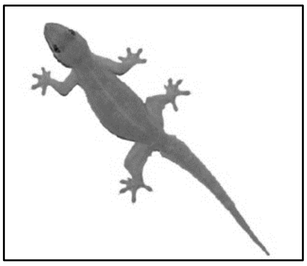
คุณลักษณะอันพึงประสงค์

1. ซื่อสัตย์
2. มีวินัย
3. ใฝ่เรียนรู้

กิจกรรมการเรียนการสอน

1. การศึกษาสำรวจ (เวลา 50 นาที)

1.1 ครูกำหนดตัวอย่างประเด็นเกี่ยวกับ การขับถ่ายของเสียของสัตว์ เพื่อกระตุ้นนักเรียนให้เกิดการคิดวิเคราะห์ และตอบคำถามในประเด็น ดังนี้



“ ในขณะที่นักเรียนทำความสะอาดบ้าน เคยสังเกตเห็นอุจจาระของสัตว์ จำพวกจิ้งจกหรือไม่ มีลักษณะเป็นอย่างไร และคิดว่าเหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น”

1.2 ครูแบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม กลุ่มละ 4-5 คน เพื่อร่วมกันสำรวจ ค้นคว้าหาคำตอบของคำถามที่ครูมอบหมาย โดยทำการอภิปราย แลกเปลี่ยนความคิดเห็น โต้ตอบแล้วหาข้อสรุปร่วมกัน จากนั้นสร้างเป็นข้อกล่าวอ้างของตนเอง *(ตัวอย่างข้อกล่าวอ้างนักเรียน :*
1) เคยสังเกตค่ะ อุจจาระของจิ้งจกมีสีคล้ำ และมีกลิ่นเหม็น คาดว่าเพราะเป็นของเสีย
2) เคยสังเกตค่ะ อุจจาระของจิ้งจกมีสองสี คือ สีขาวและสีดำ คาดว่าเป็นสารคนละตัว
3) ไม่เคยสังเกตค่ะ แต่คาดว่าอุจจาระของจิ้งจกอาจจะมีลักษณะเป็นก้อนแห้ง และมีกลิ่นเหม็น)

1.3 จากนั้น ส่งตัวแทนนักเรียนออกนำเสนอข้อกล่าวอ้าง กลุ่มละ 5 นาที เมื่อนักเรียนทุกกลุ่มนำเสนอแนวคิดของตนเสร็จสิ้น ครูเปิดโอกาสให้นักเรียนกลุ่มอื่นได้ยกมือซักถาม โต้ตอบแลกเปลี่ยนความคิดและมุมมองต่าง ๆ ในประเด็นที่ยังสงสัยจนครบทุกกลุ่ม

2. การสร้างความรู้ (เวลา 80 นาที)

2.1 หลังจากตัวแทนกลุ่มนำเสนอข้อกล่าวอ้างเรียบร้อย นักเรียนทุกคนต้องทำการจัดลำดับ เชื่อมโยง ปรับความคิดเห็นเกี่ยวกับประเด็นดังกล่าวจนทุกคนในกลุ่มเห็นคล้อยตามกัน และปรับปรุงข้อมูลในกลุ่มตนเองที่มีอยู่ให้น่าเชื่อถือยิ่งขึ้น ผ่านการเรียนการสอนของครู

2.2 ครูให้ความรู้และอธิบายเพิ่มเติมผ่าน power point วิดีทัศน์และใบความรู้ เรื่อง การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิด ประกอบการเสนอหลักฐานทางมโนทัศน์ชีววิทยาที่ถูกต้องต่อนักเรียน ในเรื่องเกี่ยวกับประเภทของเสียที่พบในสัตว์ชนิดอื่นเพิ่ม ได้แก่ สัตว์น้ำ สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม และสัตว์เลื้อยคลาน ดังนี้

Nitrogen waste	สถานะ	ความเป็นพิษ	พลังงานที่ใช้ในการขับถ่าย	สิ่งมีชีวิต
แอมโมเนีย (NH_3)	ก๊าซ ละลายน้ำได้ดี	สูงมาก	ปานกลาง	สัตว์ชั้นต่ำ ปลา
กรดยูริก (Uric acid)	ของแข็ง ไม่ละลายน้ำ	ต่ำ	สูงที่สุด	สัตว์เลื้อยคลาน สัตว์ปีก แมลง นก หอยทาก
ยูเรีย (Urea)	ของเหลวละลายน้ำได้ปานกลาง	ปานกลาง	น้อยที่สุด	สัตว์ครึ่งบกครึ่งน้ำ สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนม และคน

ที่มา : หนังสือเรียนชีววิทยาชีววิทยา สสวท เล่ม 2

2.3 เมื่อนักเรียนได้รับความรู้เพิ่มเติมเกี่ยวกับการกำจัดของเสียที่เป็นสารประกอบไนโตรเจน คือ แอมโมเนีย ยูเรีย และกรดยูริกแล้ว จากนั้นครูทำการอภิปรายร่วมกันกับนักเรียนอีกครั้งเกี่ยวกับโครงสร้าง และการทำงานในการขับถ่ายของเสียในสัตว์ชนิดอื่น ๆ ได้แก่ โปรโตซัว ฟองน้ำ หนอนตัวแบน ไส้เดือนดิน แมลง กุ้ง และสัตว์มีกระดูกสันหลัง ดังนี้

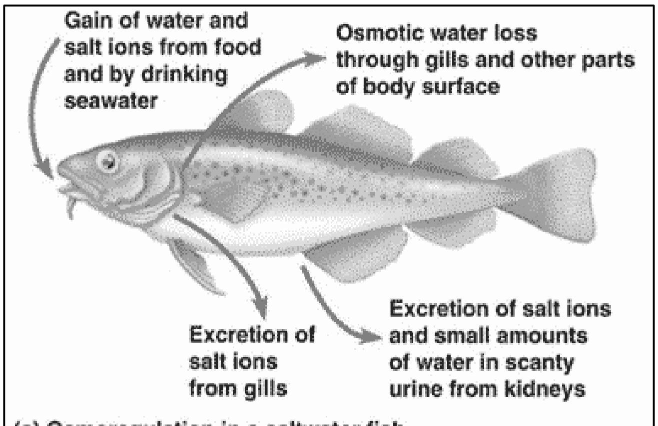
สิ่งมีชีวิต	โครงสร้างที่เกี่ยวข้องกับการขับถ่าย
กลุ่มที่ 1 โปรโตซัว อะมีบา พารามีเซียม (สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว)	*เยื่อหุ้มเซลล์, Contractile vacuole เพื่อขับน้ำส่วนเกิน*
กลุ่มที่ 2 ฟองน้ำ (P. Porifera) และไฮดรา (P. Cnidaria)	*แพร่โดยตรงเข้าสู่เซลล์*
กลุ่มที่ 3 หนอนตัวแบน (P. Plathyhelminthes)	*เฟลมเซลล์ (Flame call)*
กลุ่มที่ 4 ไส้เดือนดิน (P. Annelida)	*เนฟริเดีย (Nephridia)*
กลุ่มที่ 5 แมลง (P. Arthropoda: Insect)	*ท่อมัลเกียน (Mulphighian tubule)*
กลุ่มที่ 6 กุ้ง (P. Mollusca)	*ต่อมเขียว (Green gland)*
กลุ่มที่ 7 สัตว์มีกระดูกสันหลัง (P. Chordata)	*ไต (Kidney)*

2.4 เมื่อนักเรียนได้รับมโนทัศน์ชีววิทยาที่ถูกต้อง จากนั้นทำการรวบรวมหลักฐานเพิ่มเติม และนำเสนออีกครั้ง เพื่อยืนยันข้อกล่าวอ้างของกลุ่มตนให้น่าเชื่อถือยิ่งขึ้น *(ตัวอย่างหลักฐานจากนักเรียน : " อุจจาระของจิ้งจก มีสองสี คือ สีดำและสีขาว ส่วนสีดำคือกากของเสียที่*

ย่อยไม่ได้ และส่วนสีขาวคือกรดยูริก โดยอุจจาระของจิ้งจกมีลักษณะแข็งแห้ง เหตุเพราะกรดยูริกมีคุณสมบัติละลายได้น้อย และมีความเป็นพิษน้อย และสัตว์จำพวกนี้ต้องรักษาน้ำในร่างกายให้สูญเสียน้อยที่สุด")

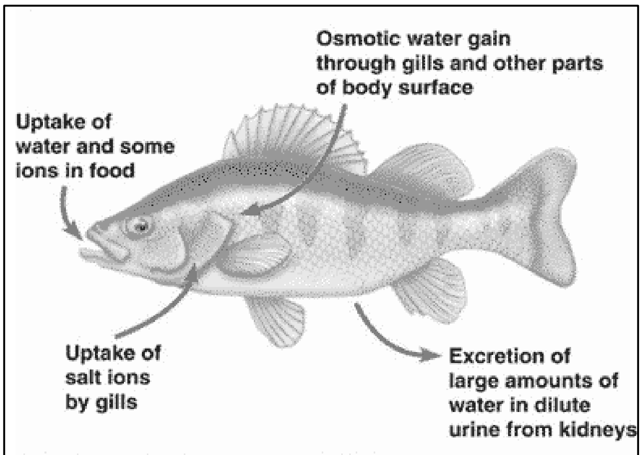
3. **การนำความรู้ไปใช้ (เวลา 50 นาที)**

3.1 เมื่อนักเรียนได้พัฒนามโนทัศน์ชีววิทยาที่ถูกต้อง ครูกำหนดประเด็นใหม่เพื่อให้นักเรียนเป็นแบบฝึกหัด และค้นคว้าหาคำตอบ คือ " *นักเรียนคิดว่าการรักษาดุลยภาพในร่างกายของปลาน้ำจืดและปลาน้ำเค็ม เหมือนหรือแตกต่างกันอย่างไร*" (โดยกำหนดทิศทางการเคลื่อนที่ของน้ำตามภาพแต่ยังไม่มีรายละเอียดเฉลย)



(a) Osmoregulation in a saltwater fish

ที่มา : http://www.scimath.org/lesson-biology/



(b) Osmoregulation in a freshwater fish

ที่มา : http://www.scimath.org/lesson-biology/

3.2 นักเรียนทุกคนต้องทำการบันทึกผลการศึกษาให้ครบถ้วนและถูกต้อง ดังนี้

	การรักษาสมดุลในร่างกาย	เกลือโซเดียมคลอไรด์ (NaCl)	ความเข้มข้นของปัสสาวะ	ปริมาณปัสสาวะ
ปลาน้ำจืด	*Hypotonic*	*ดูดซับทางเหงือก*	*เจือจาง*	*น้ำมาก*
ปลาน้ำเค็ม	*Hypertonic*	*กำจัดออกทางเหงือก*	*เข้มข้น*	*น้ำน้อย*

3.3 เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มร่วมกันอภิปรายเรียบร้อยแล้ว จากนั้นนักเรียนต้องสามารถให้เหตุผลหน้าชั้นเรียน เพื่อทำการยืนยันข้อกล่าวอ้างที่มี และทำให้เกิดความน่าเชื่อถือต่อนักเรียนคนอื่น ๆ *(ตัวอย่างการให้เหตุผลจากนักเรียน : เหตุผลที่ปัสสาวะของปลาน้ำจืดมีความเจือจาง เนื่องจากไตของปลาน้ำจืดมี โกลเมอรูลัสขนาดใหญ่ทำให้กรองของเหลวได้จำนวนมาก และเพื่อรักษาเกลือแร่และกำจัดน้ำส่วนเกินอย่างมีประสิทธิภาพ)*

3.4 ครูสรุปความรู้ทั้งหมดที่เรียนไปวันนี้ พร้อมเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ยกมือถามโต้ตอบอีกครั้ง เพื่อหาข้อเสนอแนะ และข้อสรุปทางมโนทัศน์ชีววิทยาที่ถูกต้องร่วมกัน จากนั้นครูทำการสังเกต และประเมินการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนทุกกลุ่ม

สื่อและแหล่งการเรียนรู้/วัสดุอุปกรณ์

1. หนังสือเรียนรายวิชาเพิ่มเติม ชีววิทยา เล่ม 2 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4-6
2. แบบฝึกหัด เรื่อง การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิด
3. Power Point เรื่อง การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิด
4. วิดิทัศน์ เรื่อง การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิด
5. ใบความรู้ เรื่อง การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิด

การวัดและประเมินผลการเรียนการสอน

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีการวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การประเมินผล
1. นักเรียนสามารถเข้าใจความหมาย และสรุปมโนทัศน์ของเสียที่เกี่ยวข้องกับระบบขับถ่ายได้	การสอบถามในชั้นเรียน	คำถามในชั้นเรียนจากครู	ตอบคำถามได้ถูกต้องร้อยละ 70 ขึ้นไป
		แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา	นักเรียนเข้าใจความหมายและสรุปมโนทัศน์เกี่ยวกับของเสียที่เกี่ยวข้องกับระบบขับถ่ายได้และผ่านแบบทดสอบร้อยละ 80
2. นักเรียนสามารถสรุปมโนทัศน์ และเปรียบเทียบกระบวนการขับถ่ายของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและกระบวนการขับถ่ายของสัตว์บางชนิดได้	การสอบถามในชั้นเรียน	คำถามในชั้นเรียนจากครู	ตอบคำถามได้ถูกต้องร้อยละ 70 ขึ้นไป
		แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา	นักเรียนสรุปมโนทัศน์ และเปรียบเทียบการขับถ่ายของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและของสัตว์บางชนิดได้ถูกต้อง และผ่านแบบทดสอบร้อยละ 80
ซื่อสัตย์	การสังเกตพฤติกรรมการซื่อสัตย์	แบบสังเกตพฤติกรรม	ผลการประเมินอยู่ในระดับดีขึ้นไป
มีวินัย	การสังเกตพฤติกรรมการมีวินัย	แบบสังเกตพฤติกรรม	ผลการประเมินอยู่ในระดับดีขึ้นไป
ใฝ่เรียนรู้	การสังเกตพฤติกรรมการใฝ่เรียนรู้	แบบสังเกตพฤติกรรม	มีผลการประเมินอยู่ในระดับดีขึ้นไป

แบบประเมินการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

รายวิชา ว 31242 (บทที่ 6 การรักษาดุลยภาพในร่างกาย)

เรื่อง การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิด

กลุ่ม	องค์ประกอบของการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ / ชื่อ-สกุล(สมาชิกกลุ่ม)	การสร้างข้อกล่าวอ้าง (Claims)			การเสนอหลักฐาน (Evidence)			การให้เหตุผล (Reasoning)			รวม
		3	2	1	3	2	1	3	2	1	9

<u>เกณฑ์การประเมิน</u>

ระดับคุณภาพมาก ได้คะแนน 3 คะแนน

ระดับคุณภาพปานกลาง ได้คะแนน 2 คะแนน

ระดับคุณภาพน้อย ได้คะแนน 1 คะแนน

<u>สรุปคะแนน</u>

5 - 9 คะแนน เท่ากับ ดี

4 - 6 คะแนน เท่ากับ ปานกลาง

1 - 3 คะแนน เท่ากับ ปรับปรุง

ลงชื่อ........................ผู้ประเมิน

(นางสาวพรพิมล คงเจริญสุข)

วันที่......เดือน........พ.ศ. ....

เกณฑ์การประเมินการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์

เกณฑ์การประเมิน	ระดับคะแนน		
	ระดับ 1	ระดับ 2	ระดับ 3
1. การให้ข้อกล่าวอ้าง (Claims)	ให้ข้อกล่าวอ้างทั่วไปที่รวบรวมมาได้ ยังไม่มีความเฉพาะเจาะจงเกี่ยวกับประเด็นที่กำลังพิจารณา	ให้ข้อกล่าวอ้างที่มีความเกี่ยวข้องและเชื่อมโยงกับกระบวนการทางวิทยาศาสตร์	ให้ข้อกล่าวอ้าง โดยรวบรวมข้อมูลจากกระบวนการทางวิทยาศาสตร์และมีความสอดคล้องกับหลักฐานที่นำมาเสนอ
2. การให้หลักฐาน (Evidence)	ให้ข้อมูลทั่วไปที่รวบรวมมาได้ ยังไม่มีความเฉพาะเจาะจงเกี่ยวกับประเด็นที่กำลังพิจารณา	ให้ข้อมูลที่รวบรวมมาได้จากกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ มีความเจาะจงมากขึ้นเกี่ยวกับประเด็นที่กำลังพิจารณา	ให้ข้อมูลที่รวบรวมมาได้จากกระบวนกาทางวิทยาศาสตร์สามารถแสดงแนวโน้ม ความแตกต่าง มีการเปรียบเทียบความสัมพันธ์
3. การให้เหตุผล (Reasoning)	นำเสนอข้อมูลทั่วไปที่มีความน่าเชื่อถือทั่วไป โดยข้อมูลอาจจะมีแหล่งอ้างอิงหรือที่มาน่าเชื่อถือแต่ยังขาดความสัมพันธ์ระหว่างข้อกล่าวอ้างและหลักฐานที่นำเสนอ	นำเสนอข้อมูลที่แสดงให้เห็นว่าข้อกล่าวอ้างและหลักฐานมีการสนับสนุนและมีความสัมพันธ์กันได้บางส่วน	นำเสนอข้อมูลที่แสดงให้เห็นว่าข้อกล่าวอ้างและหลักฐานมีการสนับสนุนและมีความสัมพันธ์กันอย่างไร สามารถสะท้อนข้อดีข้อเสียของการนำเสนอข้อมูลได้เหมาะสม

แบบสังเกตพฤติกรรม

คำชี้แจง ให้ครูผู้สอนประเมิน โดยการทำเครื่องหมาย √ ที่ตรงกับพฤติกรรมของนักเรียน

3 หมายถึง พฤติกรรมอยู่ในระดับดีมาก

2 หมายถึง พฤติกรรมอยู่ในระดับดี

1 หมายถึง พฤติกรรมอยู่ในระดับที่ควรปรับปรุง

รายการประเมิน	**ระดับพฤติกรรม**		
	3	2	1
มีวินัย - มีความรับผิดชอบในการทำงาน			
- ทำงานเสร็จและส่งตามเวลาที่กำหนด			
- เข้าเรียนตรงต่อเวลา			
รวม			
ใฝ่เรียนรู้ - มีการสืบค้นข้อมูลเพิ่มเติม			
- มีการซักถามเมื่อมีข้อสงสัย			
- มีความตั้งใจในการทำงาน			
รวม			
มุ่งมั่นในการทำงาน - มีความตั้งใจและพยายามในการทำงานที่ได้รับมอบหมาย			
- ความอดทนและไม่ท้อแท้ต่ออุปสรรค เพื่อให้งานสำเร็จ			
- ทำงานด้วยความเต็มใจ และสนุกสนาน			
รวม			

ลงชื่อผู้ประเมิน.................................

วันที่______/______/_____

บันทึกหลังการสอน

ผลการเรียนรู้

....

....

....

....

....

....

ปัญหาและอุปสรรค

....

....

....

....

....

....

ข้อเสนอแนะ และแนวทางการแก้ไข

....

....

....

....

....

....

ลงชื่อ.................................

(นางสาวพรพิมล คงเจริญสุข)

ครูผู้สอน

ใบความรู้

เรื่อง การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและสัตว์บางชนิด

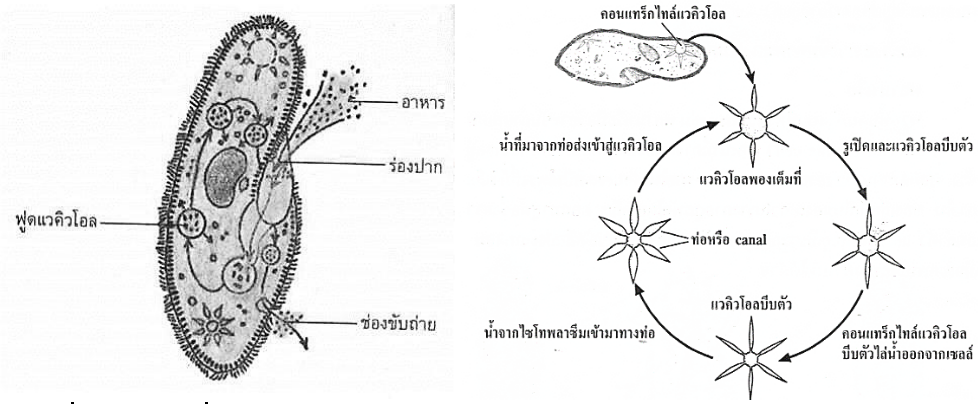
วิชาชีววิทยา ว31242 ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

....

เรียบเรียงโดย นางสาวพรพิมล คงเจริญสุข

1. การขับถ่ายของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว

สิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวมีทั้งโพรคาริโอต (Prokaryote) และยูคาริโอต (Eukaryote) ในพวกโพรคาริโอต ได้แก่ แบคทีเรีย และสาหร่ายสีเขียวแกมน้ำเงิน (Bluegreen algae) ยังไม่มีออร์แกเนลล์ที่ทำหน้าที่ขับถ่ายโดยเฉพาะ จึงมีแต่การแพร่ออกของของเสีย ซึ่งได้แก่ พวกแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ สำหรับโพรทิสต์ เป็นสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวที่มีออร์แกเนลล์ซับซ้อนมากกว่าพวกโพรคาริโอต โดยมีนิวเคลียสที่แท้จริงแล้ว โพรทิสต์ต่าง ๆ อาศัยอยู่ในน้ำ ของเสียที่เกิดจากสิ่งมีชีวิตกลุ่มนี้คล้ายกับของพวกโพรคาริโอต และจะใช้วิธีการเดียวกัน คือ การแพร่ผ่านเยื่อหุ้มเซลล์ออกไป สำหรับโพรโทซัวที่อาศัยอยู่ในน้ำจืด เช่น อะมีบา พารามีเซียม มีออร์แกเนลล์ที่ใช้เก็บน้ำและของเสียเพื่อขับออกนอกเซลล์ นั่นคือ มีคอนแทร็กไทล์แวคิวโอล (Contractile vacuole) ทำหน้าที่รักษาสมดุลของน้ำภายในเซลล์ ดังภาพที่ 1



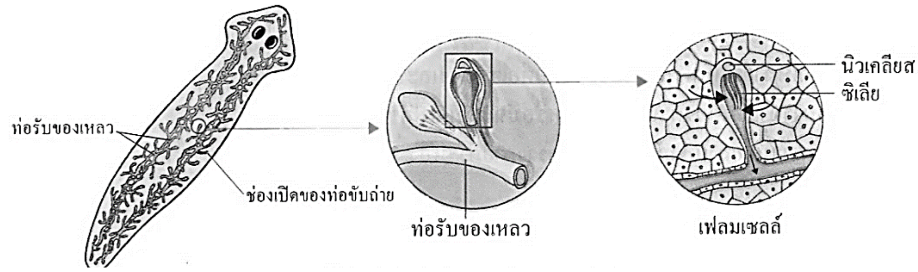
ภาพที่ 1 การเปลี่ยนแปลงคอนแทร็กไทล์แวคิวโอลของพารามีเซียม

โพรโทซัวน้ำจืดอาศัยอยู่ในน้ำที่มีความเข้มข้นน้อยกว่าในไซโทพลาซึม น้ำจะออสโมซิสเข้าเซลล์ตลอดเวลา รวมทั้งโพรโทซัวกินอาหารซึ่งมีน้ำปะปนเข้ามาในเซลล์ด้วย ดังนั้น โพรโทซัวจะขับน้ำส่วนเกินออกจากเซลล์ทางคอนแทร็กแวคิวโอล โดยกระบวนการเริ่มจากน้ำในไซโทร-พลาสซึมแพร่เข้ามาในท่อ แล้วรวบรวมส่งไปยังคอนแทร็กไทล์แวคิวโอล เมื่อคอนแทร็กไทล์แวคิวโอลรับน้ำไว้เต็มแล้ว จึงบีบไล่น้ำออกจากแวคิวโอล โดยการที่แวคิวโอลมาสัมผัสกับเยื่อหุ้มเซลล์ ดังนั้นของเสียที่ปะปนอยู่ในน้ำ จึงถูกขับถ่ายออกทางคอนแทร็กไทล์แวคิวโอลด้วย

โพรโทรซัวที่อาศัยอยู่ในน้ำเค็มจะขับถ่ายของเสียส่วนใหญ่ออกทางเยื่อหุ้มเซลล์โดยตรง เพราะไม่มีคอนแทร็กไทล์แวคิวโอล เนื่องจากแรงดันออสโมติกของน้ำทะเลสูงกว่าแรงดันออสโมติกของโพรโทพลาซึม น้ำจากเซลล์จะออสโมซิสออกนอกเซลล์อยู่ตลอดเวลาอยู่แล้ว

2. การขับถ่ายของหนอนตัวแบน

พลานาเรีย เป็นพวกหนอนตัวแบนหากินอิสระ เช่น พลานาเรีย มีอวัยวะขับถ่ายพิเศษเรียกว่า เฟลมเซลล์ (Flame cell) ทำหน้าที่กำจัดของเสีย เฟลมเซลล์กระจายอยู่ 2 ข้าง ตลอดความยาวของลำตัวพลานาเรีย ภายในเฟลมเซลล์เป็นโพรงที่มีซิเลียอยู่ภายใน ของเสียที่เป็นของเหลวในร่างกายถูกพัดโดยซิเลีย ออกมาสู่ท่อซึ่งยาวตลอดลำตัว และมีรูเปิดอยู่เป็นระยะ ๆ ทั่วตัว นอกจากนั้นของเสียประเภทแอมโมเนียยังแพร่ออกทางผิวหนังได้ด้วย ดังภาพที่ 2



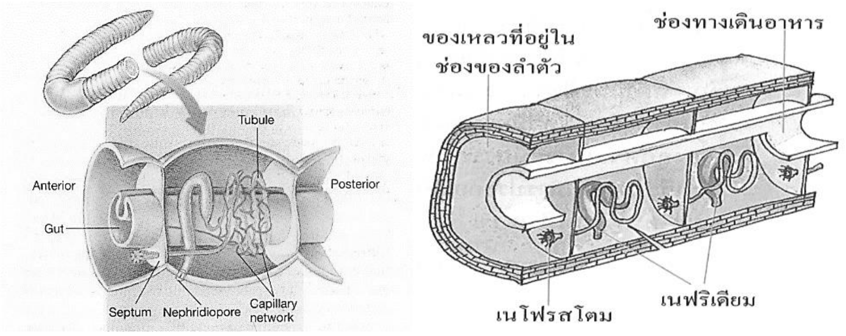
ภาพที่ 2 เฟลมเซลล์อวัยวะขับถ่ายในพลานาเรีย

3. การขับถ่ายของแอนเนลิด

ไส้เดือนดินเป็นสัตว์ที่มีระบบหมุนเวียนเลือด และลำตัวแบ่งเป็นปล้อง ๆ ในแต่ละปล้องมีอวัยวะขับถ่ายแยกกันเป็นอิสระ อวัยวะขับถ่ายเรียกว่า เนฟริเดียม (Nephridium) หรือเมตา-เฟริเดียม (Metanephridium) มีอยู่ปล้องละ 1 คู่ เนฟริเดียมมีลักษณะเป็นท่อขดไปมาและมีปลายเปิดทั้งสองด้าน ด้านหนึ่งอยู่ในช่องว่างภายในลำตัว (Coelom) ปลายเปิดด้านนี้มีลักษณะคล้ายปากแตรที่มีซิเลียล้อมรอบ เรียกว่า เนโฟรสโตม (Nephostome) หรือปากท่อของเนฟริเดียม ถัดจากปากแตรเป็นท่อที่มีซิเลียอยู่ภายใน และท่อขดไปขดมาตอนปลายของท่อจะพองออกเป็นที่พักของเหลวเรียกว่า ถุง (bladder) ก่อนขับออกภายนอก ปลายของท่อจะเปิดออกอีกด้านหนึ่งที่ผิวลำตัว เรียกว่า ช่องเปิดของเนฟริเดียม หรือ เนฟริดิโอพอร์ (Nephridiopore)

เมื่อซิเลียที่ปากแตรพัดโบกจะดูดของเสียพวกแอมโมเนีย และยูเรียที่ละลายอยู่ในช่องว่างลำตัวเข้ามาตามท่อ รอบ ๆ ท่อเนฟริเดียมที่ขดอยู่มีหลอดเลือดฝอยพันล้อมรอบสานเป็นตาข่าย เพื่อดูดซึมน้ำและเกลือแร่ที่มีประโยชน์กลับเข้าเลือด เหลือแต่ของเสียพวกแอมโมเนียและยูเรียถูกลำเลียงเข้าท่อเนฟริเดียมและถูกกำจัดออกไป การเคลื่อนไหวของไส้เดือนดินมีการยืดหด

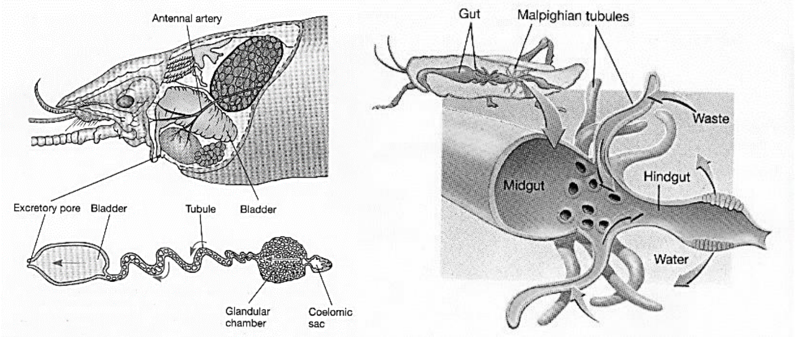
ของกล้ามเนื้อลำตัวรวมทั้งการพัดโบกของซิเลียภายในท่อ ทำให้ของเสียถูกขับออกมาเปิดที่ช่องเปิด (Nephridiopore) นอกลำตัว เนฟริเดียมของไส้เดือนดินจึงทำหน้าที่ทั้งกรองของเสียออกไปและดูดกลับสารที่มีประโยชน์เข้าเลือด ดังภาพที่ 3



ภาพที่ 3 เนฟริเดรียมของไส้เดือนดิน แสดงให้เห็นเมื่อผ่าไส้เดือนดินตามยาว

4. การขับถ่ายของอาร์โทรพอด

อาร์โทพอดมีเปลือกแข็งหุ้มลำตัว ทำให้ป้องกันน้ำเข้าออกร่างกายได้ดี อาร์โทพอดมีอวัยวะขับถ่ายที่แตกต่างกันออกไป เช่น แมลง มีอวัยวะขับถ่ายของเสีย เรียกว่า ท่อมัลพิเกียน-ทิวบูล (Mulpighian tubule) กุ้งมีอวัยวะขับถ่าย เรียกว่า แอนเทนนัล แกลนด์ (Antennal gland) เป็นต้น สำหรับแมลงมีท่อมัลพิเกียน ที่ประกอบด้วยท่อขนาดเล็ก จำนวนมากยื่นออกมาจากทางเดินอาหารช่วงต่อระหว่างกระเพาะอาหารกับลำไส้ เนื่องจากลำตัวของแมลงมีเลือดไหลผ่านได้ เพราะเลือดแมลงเป็นระบบเปิด ปลายท่อมัลพิเกียนจึงลอยอยู่ในช่องว่างลำตัวที่เลือดไหลผ่าน หรือฮีโมลิมฟ์ (Hemolymph) ในเลือดมีของเสียปะปนอยู่ด้วย ของเสียเหล่านั้นสามารถลำเลียงส่งเข้าท่อมัลพิเกียนได้ แล้วจึงถูกส่งเข้าสู่ลำไส้ ของเสียที่เป็นสารประกอบไนโตรเจนจะถูกเปลี่ยนให้เป็นกรดยูริก (Uric acid) ขณะเดียวกันจะมีเซลล์บางกลุ่มอยู่ที่ทางเดินอาหารส่วนไส้ตรงทำหน้าที่ดูดน้ำ และสารบางอย่างที่มีประโยชน์กลับเข้าฮีโมลิมฟ์ ของเสียที่ถูกปล่อยออกมาจึงอยู่ในสภาพกึ่งแข็งกึ่งเหลว ถูกขับออกนอกร่างกายพร้อมกากอาหาร ดังภาพที่ 4



ภาพที่ 4 แอนเทนนัลแกลนด์ของกุ้ง และท่อมัลพิเกียนของแมลง

นอกจากนี้ สัตว์จำพวกครัสเตเซียน เช่น กุ้ง มีอวัยวะขับถ่าย เรียกว่า ต่อมแอนเทนนัล (Antennal gland) หรือ ต่อมเขียว (Green gland) มีอยู่ 1 คู่ อยู่ที่หัว มักอยู่ที่ฐานของหนวด (Antenna) ต่อมแอนเทนนัลของกุ้งทำหน้าที่กรองของเสียประเภทสารประกอบไนโตรเจนออกจากเลือด โดยของเหลวจากฮีโมลิมฟ์ถูกกรองเข้าสู่ถุงในช่องว่างลำตัว (Coelomic sac) และของเสียจะผ่านไปตามท่อ (Excretory duct หรือ Tubule) ตอนปลายของท่ออาจพองเป็นกระเปาะ (Bladder) ก่อนปล่อยออกนอกร่างกายทางรูขับถ่าย (Excretory pore)

5. การขับถ่ายของนกและสัตว์เลื้อยคลาน

สัตว์บกส่วนใหญ่มักมีปัญหาเกี่ยวกับการสูญเสียน้ำผ่านทางผิวหนัง สัตว์เหล่านั้นจึงมีกระบวนการป้องกัน เช่น มีผิวหนังเป็นเกล็ดหนา หรือมีขนปกคลุม สัตว์เลื้อยคลานและนกมีไต (Kidney) เป็นอวัยวะขับถ่ายที่ทำให้สูญเสียน้ำน้อยกว่าปกติได้ โดยการเปลี่ยนของเสียประเภทแอมโมเนียให้เป็น กรดยูริก ที่เป็นสารกึ่งของเหลวซึ่งละลายน้ำได้น้อย คล้ายกับแมลง ในระยะเอ็มบริโอสัตว์เลื้อยคลานและนกยังอยู่ในไข่ มีการขับถ่ายของเสียออกมาในรูปของกรดยูริกเก็บสะสมไว้ในถุงแอลแลนทอยส์ (Allantois) จนกระทั่งเอ็มบริโอฟักออกมาเป็นตัว ในจิ้งจกเวลาขับถ่ายของเสียออกมาจะเห็นได้ชัดเจนว่ามีสองส่วนคือ ส่วนสีดำและส่วนสีขาว ส่วนสีดำ คือกากอาหารและส่วนสีขาวคือกรดยูริก การขับถ่ายของเสียออกมาในรูปกรดยูริก เป็นการสงวนน้ำเนื่องจากสัตว์เหล่านี้ส่วนใหญ่แล้วมักจะบริโภคน้ำในปริมาณน้อยกว่าปกติ

เอกสารอ้างอิง

ประสงค์ หลำสะอาดและจิตเกษม หลำสะอาด. (2554). *คู่มือสาระการเรียนรู้เพิ่มเติม กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์(ชีววิทยา ม.4-6 เล่ม 2)* (พิมพ์ครั้งที่ 1). กรุงเทพ: สำนักพิมพ์ พ.ศ. พัฒนา.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). *คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมชีววิทยา เล่ม 2 (ม.4-ม.6)* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพ: สำนักงานคณะกรรมการส่งเสริมสวัสดิการและสวัสดิภาพครูและบุคลากรทางการศึกษาลาดพร้าว.

การรักษาดุลยภาพในร่างกายของปลา. (2559). เข้าได้ถึงจาก http://www.scimath.org/lesson-biology/

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

****

ชื่อ..........................นามสกุล..........................เลขที่..........ระดับชั้น..........

โรงเรียน ....จังหวัด.........................

<u>คำชี้แจง</u>

1. แบบทดสอบฉบับนี้ประกอบด้วยข้อความที่เป็นข่าวในปัจจุบันหรือแสดงสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องชีวิตประจำวัน ประกอบไปด้วยคำถาม 4 ข้อ ใช้เวลา 45 นาที โดยรายละเอียดแต่ละคำถามมีดังนี้

   คำถามที่ 1 นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไร เพราะเหตุใด เกี่ยวประเด็นหรือเหตุการณ์ที่ได้ศึกษา

   คำถามที่ 2 นักเรียนมีวิธีการอย่างไรในการโน้มน้าวให้คนอื่นเห็นความคิดเห็นของนักเรียน

   คำถามที่ 3 หากมีคนที่ไม่เห็นด้วยกับความคิดของนักเรียน นักเรียนคิดว่าเขาจะมีแนวคิดอย่างไร

   คำถามที่ 4 จากแนวคิดของคนที่ไม่เห็นด้วยกับนักเรียน นักเรียนจะใช้ข้อความใดบ้าง เพื่อที่จะแสดงจุดยืนของตนเอง

2. แบบทดสอบเป็นคำถามปลายเปิดให้เขียนตอบในลักษณะความเรียงอธิบาย
3. เขียน ชื่อ นามสกุล เลขที่ ระดับชั้น โรงเรียน ลงในแบบทดสอบให้เรียบร้อย
4. ส่งแบบทดสอบคืนทันที เมื่อกรรมการคุมสอบบอกหมดเวลา

<u>สถานการณ์</u> : มลพิษทางอากาศในชีวิตประจำวัน

ภาพ กิจกรรมการหายใจในชีวิตประจำวัน

ที่มา : มูลนิธิโลกสีเขียว http://greenworld.or.th/

มลพิษทางอากาศในชีวิตประจำวัน

จากภาพข้างต้นจะเห็นได้ว่า กิจกรรมในชีวิตประจำวันมีความสำคัญอย่างยิ่ง เพราะมีความสัมพันธ์กับมลพิษที่ส่งผลต่อสุขภาพอนามัย โดยมลพิษทางอากาศ เป็นมลพิษที่เกิดฝุ่นละออง โมเลกุลชีวภาพ หรือวัตถุอันตรายชนิดอื่น ๆ ในชั้นบรรยากาศของโลก เป็นสาเหตุของโรคการเสียชีวิตในมนุษย์ และทำลายสิ่งมีชีวิตอื่น ๆ เช่น พืชพันธุ์ สิ่งแวดล้อมทางธรรมชาติ หรือสิ่งแวดล้อมสรรค์สร้างชั้นบรรยากาศ เป็นระบบแก๊สธรรมชาติที่ซับซ้อนที่จำเป็นต่อชีวิตบนโลก การลดลงของโอโซนในชั้นสตราโทสเฟียร์ เนื่องจากมลพิษทางอากาศถือว่าเป็นภัยคุกคามต่อสุขภาพของมนุษย์ รวมถึงระบบนิเวศของโลกด้วยมลพิษทางอากาศภายในอาคาร และคุณภาพของอากาศในเมืองจัดเป็นปัญหามลพิษโลก 2 ปัญหาที่เลวร้ายที่สุด จากรายงานสถานที่ประสบมลพิษมากที่สุดในโลก (World's worst polluted places) ของสถาบันแบล็กสมิธ (Blacksmith institute) ในปี ค.ศ. 2008 และตามรายงานขององค์การอนามัยโลก (WHO) ในปี ค.ศ. 2014 พบว่ามลพิษทางอากาศคร่าชีวิตคนประมาณ 7 ล้านคนทั่วโลก ซึ่งผลกระทบมีดังนี้

1. เป็นอันตรายต่อสุขภาพมนุษย์ โดยเฉพาะระบบหายใจ มะเร็งผิวหนัง ระบบประสาท และอาจสะสมในเนื้อเยื่อร่างกาย ซึ่งสารพิษแต่ละชนิดจะมีผลกระทบต่างกัน

2. สารพิษที่ระบายออกสู่บรรยากาศ บางชนิดคงตัวอยู่ในบรรยากาศได้นาน และแพร่กระจายออกไปได้ไกล บางชนิดเป็นปฏิกิริยาต่อกัน และเกิดเป็นสารใหม่ที่เป็นอันตรายกว่าเดิม

3. เกิดฝนกรด โดยก๊าซซัลเฟอร์ไดออกไซด์ ซึ่งเกิดจากการเผาไหม้ของเชื้อเพลิงที่มีสารกำมะถันเจือปน เมื่อทำปฏิกิริยารวมตัวกับน้ำและกลั่นตัวเป็นฝน จะมีฤทธิ์เป็นกรด ซึ่งเป็นอันตรายต่อสิ่งมีชีวิตและสิ่งก่อสร้าง

4. เกิดปรากฏการณ์เรือนกระจก (Greenhouse Effect) จากก๊าซคาร์บอนมอนอกไซด์ คาร์บอนไดออกไซด์ ก๊าซมีเทนออกไซด์ของไนโตรเจน โอโซน และสารคลอโรฟลูออโรคาร์บอน (CFC) เมื่อลอยขึ้นไปบนชั้นบรรยากาศ จะปกคลุมมิให้รังสีความร้อนจากผิวโลกระบายขึ้นสู่บรรยากาศระดับสูงขึ้นได้ ทำให้เกิดการสะสมความร้อนของผิวโลก

ปัจจุบันรายงานบริษัทวิเคราะห์ข้อมูลการจราจร INRIX เผยรายงานการประเมินสภาพจราจรทั่วโลก ประจำปี 2016 หรือ Global Traffic Scorecard Report เมื่อวันที่ 20 ก.พ. 2560 บ่งชี้ว่าไทยเป็นประเทศรถติดมากเป็นอันดับ 1 ของโลก โดยคนไทยในแต่ละเมืองทั่วประเทศเสียเวลาเฉลี่ยราว 61 ชั่วโมงต่อปีไปกับรถติดบนถนน ตามด้วยประเทศโคลอมเบีย และประเทศอินโดนีเซียซึ่งคนเสียเวลาไปกับรถติดประมาณ 47 ชั่วโมง/ปี (BBC Thai, 2017)

ปัจจุบันโรงงานอุตสาหกรรมมีการขยายตัวมากขึ้นในประเทศไทย กระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อมได้เปิดเผยว่า “ *ปัจจุบันมีปัญหาร้องเรียนเรื่องมลพิษที่เกิดจากโรงงานอุตสาหกรรมถึงร้อยละ 60 ดังนั้น อธิบดีกรมควบคุมมลพิษ(คพ.) ได้กำหนดมาตรฐานค่าความเข้มกลิ่นของอากาศเสียที่ปล่อยทิ้งจากแหล่งกำเนิดมลพิษ* ” นอกจากนี้กระทรวงอุตสาหกรรมยังมีมาตรการป้องกัน และแก้ไขปัญหาจากข้อร้องเรียน โดยการจัดทำแผนการตรวจกำกับ ดูแลสถานประกอบการเข้มงวดอย่างสม่ำเสมอ ซึ่งมีเจ้าหน้าที่เข้าไปตรวจโรงงานทุกปี และจัดทำโครงการเสริมสร้างโรงงานที่ดี เพื่อลดปัญหาร้องเรียน เน้นสร้างความรู้ ความเข้าใจเกี่ยวกับกฎหมายโรงงาน การจัดการด้านความปลอดภัยอย่างถูกต้องเหมาะสม ตลอดจนสร้างจิตสำนึกความรับผิดชอบให้แก่ผู้ประกอบการ (ไทยรัฐออนไลน์, 2560)

<u>สถานที่ 1</u>

<u>สถานที่ 2</u>

จากรายงานทั้งหมด จะเห็นว่าในประเทศไทยถือว่าเป็นเมืองแห่งเศรษฐกิจ และมีอุตสาหกรรมจำนวนมาก สำหรับนักเรียนในฐานะเป็นคนยุคใหม่ในศตวรรษที่ 21 จะมีวิธีรับมือกับสถานการณ์เหล่านี้อย่างไร หากพบเจอสถานการณ์จาก 2 บริเวณ หรือมีที่อยู่อาศัยของตนเองที่ใกล้บริเวณเหล่านี้ ได้แก่ สถานที่ 1 บริเวณที่มีการจราจรหนาแน่นและอากาศเต็มไปด้วยมลพิษจากเครื่องยนต์ และสถานที่ 2 บริเวณที่มีโรงงานอุตสาหกรรมและปล่อยอากาศเสียออกมานอกโรงงาน นักเรียนจะสามารถแสดงความคิดเห็น และตอบคำถามในประเด็นเหล่านี้ได้อย่างไร

<u>เอกสารอ้างอิง</u>

กิจกรรมการหายใจในชีวิตประจำวัน: มูลนิธิโลกสีเขียว. (2560). เข้าได้ถึงจาก http://greenworld.or.th/

มลพิษทางอากาศ: กรมควบคุมมลพิษกระทรวงทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม. (2559). เข้าได้ถึงจาก www.pcd.go.th.

รายงานรถติดในประเทศไทยปี 2017. (2560). เข้าได้ถึงจาก www.bbc.com/thai/thailand-39038498

หนังสือพิมพ์ไทยรัฐออนไลน์. (2560). เข้าได้ถึงจาก https://www.thairath.co.th/content/1037950

คำชี้แจง จากสถานการณ์ข้างต้น เรื่อง มลพิษทางอากาศในชีวิตประจำวัน จงตอบคำถามที่ 1-4

คำถามที่ 1. นักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไร เกี่ยวกับรายงานมลพิษทางอากาศที่แตกต่างกัน 2 บริเวณ เห็นด้วยหรือไม่เพราะเหตุใด มีวิธีป้องกัน หลีกเลี่ยง หรือมีการรณรงค์อย่างไร เพื่อทุกคนในประเทศช่วยลดปัญหาเหล่านี้ได้

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

คำถามที่ 2. หากนักเรียนต้องการให้คนอื่นเห็นด้วยกับแนวคิดของตนเอง จะใช้ข้อความอะไรมาโน้มน้าวใจให้คนอื่นเห็นด้วย เพื่อให้บุคคลเหล่านั้นหันมาเห็นความสำคัญของการลดมลพิษทางอากาศในปัจจุบัน

....

....

....

....

....

....

....

....

....

คำถามที่ 3. หากมีคนที่ไม่เห็นด้วยกับแนวคิดการนำเสนอความคิดเห็นของนักเรียน นักเรียนคิดว่าบุคคลเหล่านั้นจะมีแนวคิดอย่างไร

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

คำถามที่ 4. หากนักเรียนต้องการคัดค้านแนวคิดของบุคคลอื่นในข้อ 3 ข้อคัดค้านของนักเรียนคืออะไร

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

เกณฑ์การประเมิน

แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ

เรื่อง มลพิษทางอากาศในชีวิตประจำวัน

ข้อที่	สิ่งที่ต้องการวัด	คะแนนที่ได้	เกณฑ์การประเมิน	ตัวอย่างคำตอบ
1	แนวคิดของนักเรียน	0	คำตอบไม่เกี่ยว	ก็แล้วแต่เขา เราไม่สามารถกำหนดสถานการณ์ได้
		1	เห็นด้วย/ ไม่เห็นด้วย เป็นการให้เหตุผลเชิงสัญชาตญาณ และไม่ได้อ้างถึงหลักฐานเชิงประจักษ์	เห็นด้วยเพราะเป็นสิ่งที่เกิดขึ้นในปัจจุบัน และเห็นทั่วไปตามเมืองที่มีอุตสาหกรรม หรือการจราจรติดขัด
		2	เห็นด้วย/ ไม่เห็นด้วย เป็นการให้เหตุผลเชิงอารมณ์ อธิบายถึงข้อดี หรือข้อเสียได้ และมีการอ้างถึงหลักฐานเชิงประจักษ์	เห็นด้วย เพราะมลพิษทางอากาศมีหลายสาเหตุ เช่น จากโรงงานอุตสาหกรรม หรือการจราจรในเมืองที่มีขนาดใหญ่และมีประชากรแน่นหนา
		3	เห็นด้วย/ ไม่เห็นด้วย เป็นการให้เหตุผลที่เป็นเหตุเป็นผล อธิบายด้วยความเข้าใจ และอ้างถึงหลักฐานเชิงประจักษ์	เห็นด้วย เพราะมลพิษทางอากาศควรมีการป้องกัน และแก้ไขอย่างถูกต้องและเป็นระบบให้ส่งผลเสียต่อมนุษย์น้อยที่สุด มิเช่นนั้นจะมีปัญหาระดับชาติตามมา เช่นการย้ายถิ่นฐาน การรักษาพยาบาล เป็นต้น
2	การสร้างข้อโต้แย้งสนับสนุน	0	คำตอบไม่เกี่ยว	ปริมาณสารพิษในอากาศเราไม่สามารถควบคุมได้

ข้อที่	สิ่งที่ต้องการวัด	คะแนนที่ได้	เกณฑ์การประเมิน	ตัวอย่างคำตอบ
2	การสร้างข้อโต้แย้งสนับสนุน	1	เหตุผลที่ใช้อธิบายข้อโต้แย้งที่สร้างขึ้นเป็นเชิงสัญชาตญาณ	การลดสาเหตุของการเกิดมลพิษแค่เราไม่ใช้ทรัพยากรโลกอย่างสิ้นเปลืองก็พอ
		2	เหตุผลที่ใช้อธิบายข้อโต้แย้งที่สร้างขึ้นเป็นเชิงอารมณ์	การลดสาเหตุของการเกิดมลพิษทางอากาศเป็นเรื่องที่ทุกคนต้องหันมาใส่ใจมากขึ้น เพราะเป็นเรื่องใกล้ตัวที่สำคัญ และไม่ควรละเลย
		3	เหตุผลที่ใช้อธิบายข้อโต้แย้งที่สร้างขึ้นเป็นเหตุเป็นผล	การลดสาเหตุของการเกิดมลพิษทางอากาศมีหลากหลายวิธี ควรเริ่มต้นจากตัวเองก่อน คือ การมีจิตสำนึกรักษ์ เช่นการลดการตัดต้นไม้ และลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงเผาไหม้ และทุกคนควรได้รับการปลูกฝังแนวคิดการอนุรักษ์ที่ดีมาตั้งแต่เยาว์วัย ดังนั้นสถาบันครอบครัวสำคัญอย่างมากต่อเรื่องนี้
3	การสร้างข้อโต้แย้งกลับ	0	คำตอบไม่เกี่ยว	การรักโลก หรือลดมลพิษก็ปล่อยให้เป็นหน้าที่ของหน่วยงานหรือกระทรวงไป
		1	เหตุผลที่ใช้อธิบายข้อโต้แย้งกลับที่สร้างขึ้นเป็นเชิงสัญชาตญาณ	การลดมลพิษทางอากาศเป็นเรื่องยากมากในปัจจุบัน เพราะเมืองไทยเป็นเมืองเกษตรกรรมและมีอุตสาหกรรมจำนวนมาก

ข้อที่	สิ่งที่ต้องการวัด	คะแนนที่ได้	เกณฑ์การประเมิน	ตัวอย่างคำตอบ
3	การสร้างข้อโต้แย้งกลับ	2	เหตุผลที่ใช้อธิบายข้อโต้แย้งกลับที่สร้างขึ้นเป็นเชิงอารมณ์	มลพิษทางอากาศกระจายอยู่ทั่วไปของประเทศ มีโมเลกุลขนาดเล็ก ไม่สามารถมองเห็น หรือควบคุมได้ เป็นเรื่องที่ยากมากกว่าหากจะเสียเวลากับการต้อต้านเรื่องพวกนี้
		3	เหตุผลที่ใช้อธิบายข้อโต้แย้งกลับที่สร้างขึ้นเป็นเหตุเป็นผล	การลดสาเหตุของมลพิษทางอากาศ เป็นเรื่องที่ซับซ้อนและมีกระบวนการขั้นตอนที่ยุ่งยาก มนุษย์เพียงคนเดียวไม่สามารถลดจำนวนมลพิษขนาดมหึมาที่กระจายอยู่ท้องฟ้าได้ มีทางเดียวก็คือ ป้องกันตนเองจากบริเวณเสี่ยงเหล่านั้น และลดปริมาณการใช้เชื้อเพลิงที่มีการเผาไหม้ให้น้อยลง
4	การสร้างข้อคัดค้าน	0	คำตอบไม่เกี่ยว	การลดมลพิษหรือการอนุรักษ์โลกเป็นสิทธิส่วนบุคคล แล้วแต่ความสมัครใจ
		1	เหตุผลที่ใช้อธิบายข้อคัดค้านที่สร้างขึ้นเป็นเชิงสัญชาตญาณ	ทุกคนควรหันกลับมาตระหนักถึงมลพิษทางอากาศกันสักนิด ช่วยกันคนละไม้ละมือ
		2	เหตุผลที่ใช้อธิบายข้อคัดค้านที่สร้างขึ้นเป็นเชิงอารมณ์	มลพิษทางอากาศกระจายอยู่เต็มท้องฟ้าก็จริง แต่เราก็ควรป้องกันโดยเริ่มจากตัวเราก่อน คือการใส่หน้ากากอนามัย หรือเสื้อผ้าที่รัดกุมลดการปนเปื้อนเชื้อโรค

ข้อที่	สิ่งที่ต้องการวัด	คะแนนที่ได้	เกณฑ์การประเมิน	ตัวอย่างคำตอบ
4	การสร้างข้อคัดค้าน	3	เหตุผลที่ใช้อธิบายข้อคัดค้านที่สร้างขึ้นเป็นเหตุเป็นผล	ปัญหาการเกิดมลพิษทางอากาศในปัจจุบัน ส่วนหนึ่งมาจากธรรมชาติ เช่น เพลิงป่า แต่ก็มีหลายสาเหตุที่มีมาจากการกระทำของมนุษย์ ดังนั้นการรณรงค์และปลูกจิตสำนึกของแต่ละคนเป็นเรื่องสำคัญมาก

ตัวอย่างข้อสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2560

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 1 นักเรียนสามารถสรุปมโนทัศน์ของโครงสร้าง และหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนแก๊สของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียว และสัตว์บางชนิดได้

1. สัตว์ที่กำหนดให้ต่อไปนี้คู่ใดจับคู่กับอวัยวะที่เกี่ยวข้องกับระบบการแลกเปลี่ยนแก๊สได้ถูกต้อง (ด้านความรู้ความจำ)

   1. แมงดาทะเล - book lung　　2. กุ้ง – gill chamber

   3. ปลิงทะเล - book gill　　4. ไฮดรา - gastrovascular cavity

   ก. 1 และ 2　　ข. 1 และ 3　　ค. 3 และ 4　　ง. 2 และ 4

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 2 นักเรียนสามารถสรุปมโนทัศน์ของโครงสร้าง และหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลังได้

3. ข้อใดกล่าว**ไม่**ถูกต้องเกี่ยวกับโครงสร้างในการหายใจของแมลง (ด้านความรู้ความจำ)

   ก. ถุงลม (air sac) พบมากในแมลงที่บินเร็ว

   ข. รูหายใจ (spiracle) มีเฉพาะในแมลงแต่ไม่มีในแมงมุม

   ค. ท่อลม (tracheole) ทำหน้าที่นำออกซิเจนไปให้เนื้อเยื่อทั่วร่างกาย

   ง. ภายในแขนงท่อลม (tracheole) มีของเหลวเป็นตัวกลางให้ออกซิเจนแพร่ผ่านเข้าไปสู่เนื้อเยื่อ

4. เหตุใดเมื่อนำปลาขึ้นจากน้ำ ปลาจะตายเพราะขาดออกซิเจนทั้งที่ในอากาศมีเปอร์เซ็นต์ออกซิเจนสูงกว่าในน้ำ (ด้านการนำไปใช้)

ก. เสียแรงลอยตัวเพื่อป้องกันการหายใจ

ข. ในน้ำมีปริมาณคาร์บอนไดออกไซด์สูงกว่าอากาศ

ค. ซี่เหงือกรวมติดกันทำให้ลดพื้นที่ที่ใช้แลกเปลี่ยนแก๊ส

ง. ปลาขาดฮีโมโกลบินซึ่งจำเป็นสำหรับการลำเลียงออกซิเจนจากอากาศ

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 3 นักเรียนสามารถเปรียบเทียบโครงสร้าง และหน้าที่ที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์ไม่มีกระดูกสันหลัง และสัตว์มีกระดูกสันหลังได้

6. อวัยวะที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนแก๊สใดที่ทำงานได้สมบูรณ์โดย**ไม่**จำเป็นต้องอาศัยรงควัตถุ (Respiratory pigment) ช่วย (ด้านความรู้ความจำ)

ก. เหงือกกุ้ง ข. เหงือกปลา ค. ปอดนก ง. ท่อลมในแมลง

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 4 นักเรียนสามารถเข้าใจ และสรุปมโนทัศน์ของโครงสร้าง และหน้าที่ที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนแก๊สของคนได้

จากสมการต่อไปนี้ใช้ตอบคำถามข้อ 8-9

$$\underset{(A)}{Hb + O_2} \longleftrightarrow \underset{(B)}{HbO_2}$$

$$\underset{(C)}{CO_2 + H_2O} \longleftrightarrow \underset{(D)}{H_2CO_3} \longleftrightarrow \underset{(E)}{H^+ + HCO_3}$$

8. บริเวณตำแหน่ง (A) พบได้ที่บริเวณใดในร่างกาย (ด้านความเข้าใจ)

ก. เส้นเลือดดำทั่วไป ข. เส้นเลือดแดงทั่วไป

ค. ที่ปอดและเส้นเลือดฝอยกับเนื้อเยื่อ ง. ที่เส้นเลือดฝอยกับเซลล์ของเนื้อเยื่อ

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 5 นักเรียนสามารถเข้าใจ และสรุปมโนทัศน์กระบวนการทำงานต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนแก๊สของคนได้

12. กรดแลคติก (Lactic acid) จากเซลล์กล้ามเนื้อร่างกายสามารถไปใช้ประโยชน์อย่างไร (ด้านการนำไปใช้)

ก. สันดาปกับออกซิเจนแล้วนำไปสร้างกลูโคส

ข. ร่างกายขับออกทางปัสสาวะเพราะเป็นของเสีย

ค. สันดาปกับออกซิเจนได้เมื่อมีปริมาณออกซิเจนมากขึ้น

ง. ร่างกายสะสมไว้ในตอนแรกจนกว่าจะมากพอจึงนำไปขับถ่ายทางปัสสาวะ

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 6 นักเรียนสามารถเข้าใจ และสรุปมโนทัศน์ของความผิดปกติที่เกี่ยวข้องกับปอด และโรคที่เกี่ยวข้องกับการแลกเปลี่ยนแก๊สได้

13. เชื้อแบคทีเรียก่อโรคชนิดใดที่สามารถติดเชื้อผ่านทางน้ำลาย น้ำมูก และเสมหะ โดยในวัยเด็กจะมีโอกาสพบได้สูงกว่าผู้ใหญ่ (ด้านความรู้ความจำ)

ก. *Escherichia coli* ข. *Streptococcus pyogens*

ค. *Neisseria gonorrhoeae* ง. *Clostridium perfringens*

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 7 นักเรียนสามารถนำความรู้เกี่ยวกับความผิดปกติ และโรคที่เกี่ยวข้องกับระบบหายใจไปใช้ได้

14. จากข้อความที่กำหนดต่อไปนี้ ข้อใดกล่าวสรุป**ไม่**ถูกต้อง (ด้านการนำไปใช้)

1. อัตราการหายใจไม่ขึ้นอยู่กับเพศ 2. การสูบบุหรี่กระตุ้นการหายใจในทุกเพศ
3. การวิ่งมีผลทำให้เพิ่มอัตราการหายใจเฉพาะเพศหญิง
4. อัตราการหายใจเปลี่ยนแปลงตามสภาพของร่างกายแต่ละบุคคล

ก. 1 และ 2 ข. 1 และ 3 ค. 1, 2 และ 3 ง. 1, 3 และ 4

16. ขณะที่เราอยู่ในห้องที่มีอากาศไม่ถ่ายเทและมีคนแออัด ทำให้รู้สึกอึดอัด เป็นเพราะสาเหตุใด (ด้านความเข้าใจ)

ก. ความดันของ O_2 ในปอดและในอากาศนอกร่างกายใกล้เคียงกัน

ข. ความดันของ O_2 ในปอดและในอากาศนอกร่างกายแตกต่างกันมาก

ค. ความดันของ CO_2 ในถุงลมปอดและในหลอดเลือดฝอยใกล้เคียงกัน

ง. ความดันของ CO_2 ในถุงลมปอดและในหลอดเลือดฝอยแตกต่างกันมาก

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 8 นักเรียนสามารถเข้าใจความหมาย และสรุปมโนทัศน์ของเสียที่เกี่ยวข้องกับระบบขับถ่ายได้

19. ในกรณีที่รับประทานอาหารที่มีเนื้อสัตว์เป็นองค์ประกอบอยู่มาก คาดได้ว่าปัสสาวะควรมีลักษณะอย่างไร (ด้านความเข้าใจ)

ก. ปริมาณยูเรียในน้ำปัสสาวะลดลง ข. ปริมาณยูเรียในน้ำปัสสาวะเพิ่มมากขึ้น

ค. ปริมาณกรดอะมิโนในน้ำปัสสาวะลดลง ง. ปริมาณกรดอะมิโนในน้ำปัสสาวะเพิ่มมากขึ้น

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 9 นักเรียนสามารถสรุปมโนทัศน์ และเปรียบเทียบกระบวนการขับถ่ายของสิ่งมีชีวิตเซลล์เดียวและระบบขับถ่ายของสัตว์บางชนิดได้

22. จากผลการทดลอง พบว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมขนาดเล็กจะสูญเสียความร้อนให้แก่สิ่งแวดล้อมต่อ 1 หน่วยน้ำหนักได้มากกว่าสัตว์เลี้ยงลูกด้วยน้ำนมที่มีขนาดใหญ่กว่า ดังนั้นการรักษาอุณหภูมิของร่างกายให้อยู่คงที่ได้ ควรเป็นไปตามเหตุผลในข้อใด (ด้านการวิเคราะห์)

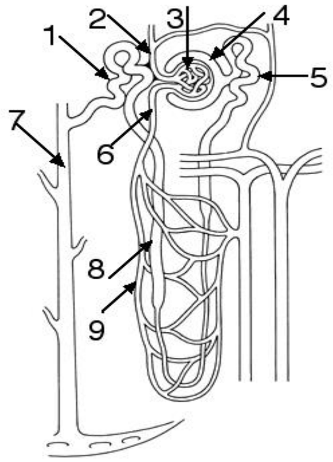
ก. สัตว์ขนาดเล็กจะแอกทีฟมากกว่าสัตว์ขนาดใหญ่

ข. สัตว์ขนาดเล็กมีเมแทบอลิซึมสูงกว่าสัตว์ขนาดใหญ่

ค. สัตว์ขนาดใหญ่ปรับตัวให้เข้ากับสิ่งแวดล้อมได้ดีกว่าสัตว์ขนาดเล็ก

ง. สัตว์ขนาดใหญ่มีอัตราส่วนของพื้นที่ผิวต่อปริมาตรสูงกว่าสัตว์ขนาดเล็ก

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 10 นักเรียนสามารถลงมือทำปฏิบัติการ และสรุปมโนทัศน์เกี่ยวกับการทำงานของไตได้



จากภาพใช้ตอบคำถามข้อ 24

24. จากภาพหากสิ่งมีชีวิตหนึ่งอยู่ในสถานการณ์ที่ขาดแคลนน้ำ สิ่งมีชีวิตชนิดนั้นควรมีการปรับโครงสร้างหมายเลขใดในหน่วยไตให้มีลักษณะอย่างไร (ด้านความรู้ความจำ)

ก. หมายเลข 2 ปรับให้ยาวขึ้น

ข. หมายเลข 3 ปรับให้สั้นลง

ค. หมายเลข 8 ปรับให้ยาวขึ้น

ง. หมายเลข 9 ปรับให้สั้นลง

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 11 นักเรียนสามารถเข้าใจ และสรุปมโนทัศน์การทำงานของไตที่สัมพันธ์กับการรักษาดุลยภาพของน้ำ และแร่ธาตุในร่างกายได้

25. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับการทำงานของสมองส่วนไฮโพทาลามัส ในฐานะเป็นศูนย์ควบคุมดุลยภาพในร่างกาย (ด้านความเข้าใจ)

1. ควบคุมรักษาดุลยภาพของน้ำในร่างกาย
2. ควบคุมรักษาดุลยภาพของอุณหภูมิในร่างกาย
3. ควบคุมรักษาดุลยภาพของความเป็นกรดเบสในร่างกาย
4. ควบคุมรักษาดุลยภาพของเกลือแร่และสารอินทรีย์ในร่างกาย

ก. 1 และ 2 ข. 2 และ 3 ค. 1, 2 และ 3 ง. 1, 3 และ 4

จุดประสงค์การเรียนรู้ที่ 12 นักเรียนสามารถเข้าใจความผิดปกติ และโรคที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของไต พร้อมทั้งเสนอแนะแนวทางในการดูแลสุขภาพได้

30. คนที่ชอบดื่มเบียร์มักจะปัสสาวะบ่อยกว่าปกติ เนื่องมาจากสาเหตุใด (ด้านการนำไปใช้)

ก. แอลกอฮอล์มีผลไปส่งเสริมวาโซเพรสซินที่ท่อของหน่วยเนฟรอน

ข. แอลกอฮอล์มีผลไปกระตุ้นการหลั่งออกซิโทซินและวาโซเพรสซิน

ค. แอลกอฮอล์มีผลห้ามการหลั่งฮอร์โมนแอนติไดยูเรติกจากต่อมใต้สมองส่วนหลัง

ง. แอลกอฮอล์มีผลไปห้ามการหลั่งออกซิโทซิน แต่ไปกระตุ้นฮอร์โมนวาโซเพรสซินแทน

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา ตอนที่ 1
เรื่อง การแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์และคน

---

1. อวัยวะที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สที่ชื่อว่า Gastrovascular cavity พบในสัตว์ชนิดใด

ก. แมลง ข. ไส้เดือนดิน ค. ดาวทะเล ง. พลานาเรีย

2. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับโครงสร้างที่ใช้ในการแลกเปลี่ยนแก๊สในสัตว์

ก. ปลา กุ้ง ปู ส่วนใหญ่ใช้เหงือกในการแลกเปลี่ยนแก๊ส

ข. อะมีบา พารามีเซียม แลกเปลี่ยนแก๊สผ่านเยื่อหุ้มเซลล์

ค. แมงดาทะเลใช้ปอดในการแลกเปลี่ยนแก๊สเหมือนสัตว์บก

ง. แมลงต่าง ๆ ส่วนมากใช้ระบบท่อลม ในการแลกเปลี่ยนแก๊ส

3. ตั๊กแตนมีวิธีใดที่ทำให้แก๊สหมุนเวียนเข้าสู่พื้นที่ผิวที่แลกเปลี่ยนแก๊สได้

ก. การเคลื่อนไหวของกะบังลม ข. การเคลื่อนไหวของซี่โครง

ค. การเคลื่อนไหวของจังหวะลำตัว ง. การเคลื่อนที่ของซิเลียเล็กๆ

4. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับ Countercurrent exchange

ก. ทิศทางการไหลของน้ำและเลือดไปในทิศทางเดียวกัน

ข. ทิศทางการไหลของน้ำและเลือดไปในทิศทางตรงกันข้าม

ค. ทิศทางการไหลของน้ำและการว่ายน้ำไปในทิศทางเดียวกัน

ง. ทิศทางการไหลของเลือด และการหายใจไปในทิศทางตรงกันข้าม

5. เหตุใดระบบเลือดของแมลงไม่มีความจำเป็นในการแลกเปลี่ยนแก๊ส

ก. ระบบเลือดของแมลงไม่มีฮีโมโกลบิน

ข. แมลงมีระบบท่อลมแตกแขนงเป็นท่อเล็ก ๆ ไปสัมผัสเซลล์

ค. อวัยวะช่องหายใจหรือรูสไปราเคิลที่เปิดปิดได้ส่งอากาศเข้าสู่เซลล์

ง. พื้นที่ผิวของอวัยวะในการแลกเปลี่ยนแก๊สมีความบางและชื้นตลอดเวลา

6. ถ้าอัตราการหายใจของคนเราช้าลง มีสาเหตุมาจากข้อใด

ก. ความเข้มข้นของปริมาตรออกซิเจนในเม็ดเลือดแดงลดลง

ข. ความเข้มข้นของปริมาตรออกซิเจนในเม็ดเลือดแดงเพิ่มขึ้น

ค. ความเข้มข้นของปริมาตรคาร์บอนไดออกไซด์ในพลาสมาลดลง

ง. ความเข้มข้นของปริมาตรคาร์บอนไดออกไซด์ในพลาสมาเพิ่มขึ้น

7. กิจกรรมใดเกิดขึ้นมากที่สุดของการขนส่งออกซิเจนเพื่อการแลกเปลี่ยนแก๊สของคน

ก. ละลายในพลาสมา ข. จับกับเยื่อหุ้มเซลล์เม็ดเลือดแดง

ค. จับฮีโมโกลบินในเม็ดเลือดแดง ง. ละลายในไซโตพลาสซึมของเม็ดเลือดแดง

8. เมือกที่สร้างมาจากเยื่อบุของหลอดลม มีหน้าที่สำคัญอย่างไร

ก. จับฝุ่นละอองที่ปะปนมากับอากาศที่ผ่านเข้ามา

ข. หล่อลื่นหลอดลมทำให้อากาศผ่านไปสู่ปอดได้สะดวก

ค. ให้ความอบอุ่นแก่อากาศที่ผ่านเข้ามาทำให้ไม่เป็นหวัดโดยง่าย

ง. ให้ความชุ่มชื้นแก่อากาศที่ผ่านเข้ามาและป้องกันพื้นผิวของแอลวิโอไลไม่ให้แห้ง

9. ถ้าความดันภายในถุงลมปอดเพิ่มขึ้นจะมีผลดีหรือไม่ เพราะเหตุใด

ก. ดี เพราะอากาศถ่ายเทเข้าออกจากปอดได้มากขึ้น

ข. ดี เพราะฮีโมโกลบินจับออกซิเจนได้มากกขึ้นกว่าเดิม

ค. ไม่ดี เพราะเพราะอากาศถ่ายเข้าออกจากปอดได้น้อยลง

ง. ไม่ดี เพราะแก๊สคาร์บอนไดออกไซด์ละลายในเลือดมากขึ้น

18. โดยรวมแล้วทางเดินอาหารของคนเรียงตามลำดับได้อย่างไร

ก. จมูก – คอหอย – หลอดลม – ท่อลมย่อย – ขั้วปอด – ถุงลมปอด

ข. จมูก – หลอดลมคอ – คอหอย – ท่อลมย่อย – ขั้วปอด – ถุงลมปอด

ค. จมูก – คอหอย – หลอดลมคอ– ขั้วปอด – ท่อลมย่อย – ถุงลมปอด

ง. จมูก – หลอดลมคอ – คอหอย – ขั้วปอด – ท่อลมย่อย – ถุงลมปอด

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา ตอนที่ 2
เรื่อง ความผิดปกติและโรคเกี่ยวกับระบบการแลกเปลี่ยนแก๊ส
และการขับถ่ายของเสียในสัตว์

---

21. อาการสะอึก เกิดมาจากสาเหตุใด
    ก. กล้ามเนื้อยึดกะบังลมไม่ทำงาน
    ข. กล้ามเนื้อที่กล่องเสียงและกะบังลมทำงานผิดปกติ
    ค. กล้ามเนื้อยึดกระดูกซี่โครงและกะบังลมทำงานไม่สัมพันธ์กัน
    ง. กล้ามเนื้อยึดกระดูกซี่โครงแถบนอกและแถบในหดตัวไม่พร้อมกัน
22. การสำลักอาหารเกิดขึ้นจากสาเหตุใด
    ก. ฝาปิดกล่องเสียงเปิดขึ้น
    ข. เพดานอ่อนยกขึ้นไปปิดช่องหายใจ
    ค. การเคลื่อนที่ของอาหารเป็นแบบเพอริสทัลซิส
    ง. การเคลื่อนที่ของอาหารเป็นแบบสวนทางกับเพอริสทัลซิส
23. หากกลั้นหายใจเป็นระยะเวลานาน จะสามารถส่งผลให้เสียชีวิตได้จริงหรือไม่เพราะเหตุใด
    ก. ได้ เพราะออกซิเจนจากบรรยากาศไม่สามารถผ่านเข้าปอดได้
    ข. ได้ เพราะคาร์บอนไดออกไซด์ภายในร่างกายเพิ่มสูงขึ้นจนเป็นพิษ
    ค. ไม่ได้ เพราะคาร์บอนไดออกไซด์ที่ลดลงจะไปกระตุ้นสมองทันที
    ง. ไม่ได้ เพราะคาร์บอนไดออกไซด์ที่เพิ่มขึ้นจะไปกระตุ้น medulla oblongata
24. เพราะเหตุใดแก๊สคาร์บอนมอนอกไซด์ (CO) มีพิษต่อขบวนการหายใจ
    ก. สามารถละลายในเลือดได้ดีกว่า O_2
    ข. สามารถจับกับเอนไซม์ในกระบวนการหายใจได้ดีกว่า O_2
    ค. สามารถจับกับฮีโมโกลบินได้ดีกว่า O_2 และไม่ปล่อยจากฮีโมโกลบินง่าย ๆ
    ง. มีผลในการจับกับ O_2 เป็น CO_2 ทำให้ O_2 จับกับฮีโมโกลบินไม่ได้และได้ CO_2 มากขึ้นด้วย
25. วิธีการใดเป็นวิธีที่เหมาะสมน้อยที่สุดในการป้องกันการแพร่กระจายของโรคไข้หวัด
    ก. ล้างมือให้สะอาดทุกครั้งก่อนรับประทานอาหาร
    ข. ใช้ช้อนกลางในการรับประทานอาหารร่วมโต๊ะเสมอ
    ค. รับประทานอาหารที่สดใหม่และมีความร้อนอยู่เสมอ
    ง. หลีกเลี่ยงบริเวณที่อากาศมีการเปลี่ยนแปลงตลอดเวลา

26. โครงสร้างในการขับถ่ายของเสียของสัตว์ชนิดใดไม่เป็นระบบอวัยวะ

ก. Flame cell ข. Nephridium

ค. Malpighian tubule ง. Contractile vacuole

27. สัตว์บางชนิดจำพวก สัตว์เลื้อยคลาน นก แมลง ขับถ่ายของเสียในรูปของกรดยูริก มีข้อดีอะไรบ้าง

ก. ทำให้สูญเสียน้ำออกมาน้อยมาก

ข. ทำให้ระบายให้ตลอดเวลามากขึ้น

ง. การขับถ่ายในรูปของกรดยูริก เป็นวิธีง่ายกว่าการขับถ่ายในรูปอื่น

ค. การที่กรดยูริกไม่ละลายน้ำ ทำให้สารนี้ไม่แพร่ไปทำอันตรายเซลล์อื่น

28. ปลาอินทรีมีวิธีรักษาสภาพสมดุลของของเหลวในร่างกายอย่างไร

ก. เคลื่อนย้ายน้ำและแร่ธาตุเข้าสู่ร่างกาย

ข. กำจัดน้ำออกจากร่างกายและรักษาแร่ธาตุไว้

ค. กำจัดทั้งน้ำและแร่ธาตุส่วนเกินออกจากร่างกาย

ง. กลืนน้ำเข้าร่างกายและกำจัดแร่ธาตุส่วนเกินออกจากร่างกาย

29. ข้อใดกล่าวถูกต้องเกี่ยวกับกรดยูริกที่พบในมูลของจิ้งจก

1. คือส่วนที่เป็นสีดำ
2. เป็นสารประกอบไนโตรเจนและไม่ละลายน้ำ
3. ช่วยให้จิ้งจกสูญเสียน้ำในการขับถ่ายน้อยลง

ก. ก. ข. ก และ ข ค. ข และ ค ง. ก, ข และ ค

30. นักเรียนจะสามารถศึกษาลักษณะอวัยวะของมัลพิเกียนได้จากตำแหน่งใด

ก. ส่วนต้นของลำไส้เล็กของแมลงสาบ

ข. ผนังลำตัวด้านในแต่ละปล้องของไส้เดือนดิน

ค. สองข้างทางเดินอาหารส่วนลำไส้ของไส้เดือนดิน

ง. บริเวณรอยต่อระหว่างหลอดอาหารกับกระเพาะอาหารของตั๊กแตน

ตัวอย่างแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา ตอนที่ 3
เรื่อง การขับถ่ายของเสียในคน ความผิดปกติ
และโรคเกี่ยวกับระบบการขับถ่ายของเสียในคน

---

31. นักเรียนจะสังเกตว่าถ้าวันไหนดื่มน้ำมาก จะปัสสาวะมาก แสดงว่าภายในร่างกายมีการปรับสภาพการทำงานอย่างไร

ก. น้ำในเลือดมีมาก แรงดันออสโมซิสจะสูง กระตุ้นให้มีการหลั่งฮอร์โมนท่อหน่วยไตปล่อยน้ำสู่ท่อรวมมากขึ้น

ข. น้ำในเลือดมีมาก แรงดันออสโมซิสจะสูง ส่งผลให้ไม่มีการหลั่งฮอร์โมน ท่อหน่วยไตดูดน้ำกลับคืนน้อย

ค. น้ำในเลือดมีมาก แรงดันออสโมซิสจะต่ำ กระตุ้นให้มีการหลั่งฮอร์โมนท่อหน่วยไตปล่อยน้ำสู่ท่อรวมมากขึ้น

ง. น้ำในเลือดมีมาก แรงดันออสโมซิสจะต่ำ ส่งผลให้ไม่มีการหลั่งฮอร์โมน ท่อหน่วยไตดูดน้ำกลับคืนน้อย

32. ของเสียประเภท N – west ถูกกำจัดจากร่างกายเราในรูปใด จากทางใด

ก. NH_3 จากปัสสาวะและเหงื่อ　　ข. ยูเรียจากปัสสาวะ

ค. ยูเรียจากปัสสาวะและเหงื่อ　　ง. กรดยูริกจากปัสสาวะ

33. ฮอร์โมนที่เกี่ยวข้องกับการทำงานของไตได้แก่ข้อใด

ก. ADH, Aldosterone　　ข. Cortisol, Parathormone

ค. Vasopressin　　ง. Mineralocorticoid, Epinephrine

34. สภาวะในข้อใดที่ทำให้อัตราการกรองที่โกลเมอรูลัสของไตต่ำลง

1. คนที่เป็นโรคความดันโลหิตต่ำ
2. คนที่เป็นโรคนิ่วในไต
3. คนที่มีความผิดปกติในการผลิต ADH จากสมองส่วนไฮโพทาลามัส

ก. 1　　ข. 2　　ค. 1 และ 2　　ง. 1, 2 และ 3

35. บริเวณใดของหน่วยเนฟรอนของไต ที่มีการดูดกลับของน้ำและสารที่เป็นประโยชน์ต่อร่างกายได้มากที่สุด

ก. Henle's loop　　ข. Collecting Tubule

ค. Proximal Convoluted Tubule　　ง. Distal Convoluted Tubule

36. เมื่อเกิดท้องร่วงอย่างแรง แพทย์จะให้น้ำเกลือเพื่อไปทดแทนอะไรที่ร่างกายสูญเสียไป

ก. น้ำ น้ำตาล เกลือโซเดียม ข. เกลือคลอไรด์ น้ำตาล

ค. เกลือโซเดียม เกลือคลอไรด์ ง. น้ำ เกลือโซเดียม เกลือคลอไรด์

37. พืชในข้อใดที่มีผลต่อการเป็นโรคนิ่วในไตสูงที่สุด

ก. งา ถั่ว ผักโขม ข. งา ถั่ว ข้าวโพด

ค. ข้าวโพด ถั่ว กะหล่ำปลี ง. ผักโขม งา กะหล่ำปลี

38. ข้อใดเป็นสาเหตุสำคัญต่อการเป็นไตวายเฉียบพลันมากที่สุด

ก. การติดเชื้ออย่างรุนแรง ข. ความผิดปกติของปริมาณน้ำ

ค. การสะสมโปรตีนหรือกลูโคสมากไป ง. การดูดน้ำกลับของไตที่ทำงานผิดปกติ

39. ถ้าอุณหภูมิของสิ่งแวดล้อมสูงกว่าอุณหภูมิของร่างกาย เราจะระบายความร้อนออกจากร่างกาย โดยวิธีใด

ก. ลดการขับเหงื่อ เพื่อให้น้ำออกจากร่างกายน้อยลง

ข. เพิ่มการขับเหงื่อ เพื่อให้น้ำออกจากร่างกายมากขึ้น

ค. เพิ่มอัตราเมแทบอลิซึม เพื่อให้สารพลังงานสูงในร่างกายน้อยลง

ง. ละลายชั้นไขมันใต้ผิวหนัง ซึ่งเป็นฉนวนกันความร้อนออกให้เหลือบางลง

40. เพราะเหตุใดในเพศหญิงจึงมีโอกาสเป็นโรคท่อปัสสาวะอักเสบมากกว่าเพศชาย

ก. เพราะท่อปัสสาวะเพศหญิงสั้นกว่าท่อปัสสาวะเพศชายมาก

ข. เพราะเพศหญิงมีกล้ามเนื้อบริเวณกระดูกเชิงกรานที่สั้นกว่าและบางกว่า

ค. เพราะเพศชายมีอวัยวะเพศที่สะดวกต่อการปัสสาวะมากกว่าเพศหญิง

ง. เพราะเพศชายมักไม่พบเชื้อแบคทีเรียก่อโรคที่ติดมาจากทางท่อปัสสาวะ

....

ภาคผนวก ค

- ตัวอย่างตารางแสดงการวิเคราะห์ความเหมาะสม และความสอดคล้องของแผนการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์
- ตารางแสดงการวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา
- ตารางแสดงการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*r*) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา และแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา

ตัวอย่างตารางการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการเรียนการสอนตามแนววงจรการเรียนรู้ร่วมกับการโต้แย้งทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง การรักษาดุลยภาพในร่างกาย

ตารางที่ 13 ค่าการประเมินระดับความเหมาะสมของผู้เชี่ยวชาญ แผนการเรียนการสอนที่ 1 เรื่อง การแลกเปลี่ยนแก๊สของสัตว์

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ							ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	เฉลี่ย	*SD*	
1. มาตรฐานการเรียนรู้								
1.1 ความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5	0	มากที่สุด
2. ผลการเรียนการสอน								
2.1 ความถูกต้อง	5	5	5	5	5	5	0	มากที่สุด
3. จุดประสงค์การเรียนรู้								
3.1 ระบุพฤติกรรมที่สามารถวัดและประเมินได้ชัดเจน	4	5	5	5	4	4.6	0.42	มากที่สุด
3.2 ข้อความชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	5	5	4.8	0.40	มากที่สุด
4. สาระการเรียนรู้								
4.1 ความเหมาะสมของเนื้อหา	5	5	5	4	5	4.8	0.40	มากที่สุด
4.2 ความเหมาะสมกับระดับนักเรียน	5	5	5	4	5	4.8	0.40	มากที่สุด
5. สาระสำคัญ								
5.1 ใจความถูกต้อง	4	5	5	5	4	4.6	0.42	มากที่สุด
5.2 ข้อความชัดเจน เข้าใจง่าย	4	5	5	5	4	4.6	0.42	มากที่สุด

ตารางที่ 13 (ต่อ)

รายการประเมิน	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ							ระดับความเหมาะสม
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5	เฉลี่ย	*SD*	
6. คุณลักษณะอันพึงประสงค์								
6.1 เหมาะสมกับระดับนักเรียน	4	5	5	5	5	4.8	0.40	มากที่สุด
7. กระบวนการจัดการเรียนรู้								
7.1 เรียงลำดับกิจกรรมได้เหมาะสม	4	5	5	5	5	4.8	0.40	มากที่สุด
7.2 เนื้อหาเหมาะสมกับเวลาที่สอน	4	5	5	3	5	4.4	0.73	มาก
7.3 เนื้อหาเหมาะสมกับนักเรียน	4	5	5	5	4	4.6	0.42	มากที่สุด
8. สื่อ-อุปกรณ์								
8.1 เหมาะสมกับกระบวนการจัดการเรียนการสอน	4	5	5	4	5	4.6	0.42	มากที่สุด
8.2 สื่อความหมายได้ชัดเจนเข้าใจง่าย	4	5	5	4	5	4.6	0.42	มากที่สุด
9. การวัดและประเมินผล								
9.1 วัดได้ครอบคลุมเนื้อหาสาระ	4	5	5	4	4	4.4	0.35	มาก
9.2 ใช้เครื่องมือวัดได้เหมาะสม	4	5	5	4	4	4.4	0.35	มาก

การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ เพื่อหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการและข้อคำถาม

ตารางที่ 14 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างการให้เหตุอย่างไม่เป็นทางการ และ ข้อคำถาม ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ

สถานการณ์	**คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ**						R	IOC
	ข้อที่	**คนที่ 1**	**คนที่ 2**	**คนที่ 3**	**คนที่ 4**	**คนที่ 5**		$(\sum R/N)$
สถานการณ์ที่ 1	1.1	1	1	1	1	1	5	1
บุหรี่ทั่วไปหรือบุหรี่ไฟฟ้า	1.2	1	0	1	1	1	4	0.8
แบบไหนอันตรายน้อยกว่า	1.3	1	1	0	1	1	4	0.8
รู้เท่าทันโทษอันรุนแรง	1.4	1	1	1	1	1	5	1
สถานการณ์ที่ 2	2.1	1	1	1	1	1	5	1
มลพิษทางอากาศ	2.2	1	1	1	1	1	5	1
ในชีวิตประจำวัน	2.3	1	1	1	1	1	5	1
	2.4	1	1	1	1	1	5	1
สถานการณ์ที่ 3	3.1	1	1	1	1	0	4	0.8
เลือกรับประทานอาหาร	3.2	1	1	1	1	1	5	1
แบบไหนให้สุขภาพดี	3.3	0	1	1	1	1	4	0.8
	3.4	1	1	1	1	1	5	1

การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*r*)
แบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ

ตารางที่ 15 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*r*) ของแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ

สถานการณ์	ข้อที่	ค่า *p*	ค่า *r*	ผลการประเมิน	หมายเหตุ
สถานการณ์ที่ 1 บุหรี่ทั่วไปหรือบุหรี่ไฟฟ้า แบบไหนอันตรายน้อยกว่า รู้เท่าทันโทษอันรุนแรง	1.1	0.67	0.41	ใช้ได้	
	1.2	0.67	0.37	ใช้ได้	
	1.3	0.60	0.33	ใช้ได้	
	1.4	0.79	0.12	ใช้ไม่ได้	มีการปรับข้อคำถามให้ชัดเจนมากขึ้น
สถานการณ์ที่ 2 มลพิษทางอากาศในชีวิตประจำวัน	2.1	0.82	0.24	ใช้ไม่ได้	มีการปรับข้อคำถามให้เข้าใจง่าย
	2.2	0.63	0.26	ใช้ได้	
	2.3	0.51	0.39	ใช้ได้	
	2.4	0.60	0.22	ใช้ได้	
สถานการณ์ที่ 3 เลือกรับประทานอาหารแบบไหนให้สุขภาพดี	3.1	0.70	0.12	ใช้ไม่ได้	มีการปรับภาษาให้ชัดเจนมากขึ้น
	3.2	0.66	0.32	ใช้ได้	
	3.3	0.93	0.44	ใช้ไม่ได้	มีการปรับข้อคำถามให้สั้นกระชับ และเข้าใจง่าย
	3.4	0.60	0.32	ใช้ได้	

จากตารางที่ 15 เมื่อนำคะแนนของแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ จากสูตรค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-coefficient) ตามวิธีของครอนบาค (Cronbach) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.85 ซึ่งถือว่านำไปใช้ได้

การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา
เพื่อหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้และข้อคำถาม

ตารางที่ 16 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้และข้อคำถาม ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		$(\sum R/N)$
1	1	1	1	1	1	5	1
2	1	1	0	0	1	3	0.6
3	0	0	1	0	1	2	0.4
4	1	1	1	1	1	5	1
5	1	0	1	1	0	3	0.6
6	1	1	1	1	1	5	1
7	1	0	1	1	1	4	0.8
8	1	1	1	1	1	5	1
9	1	1	1	-1	1	3	0.6
10	1	1	0	1	1	4	0.8
11	1	1	1	1	1	5	1
12	1	1	1	1	1	5	1
13	1	1	1	1	1	5	1
14	1	1	1	1	1	5	1
15	1	1	1	1	1	5	1
16	1	1	1	1	1	5	1
17	1	1	1	1	1	5	1
18	1	1	1	1	0	4	0.8
19	1	1	0	1	0	3	0.6
20	1	1	1	1	0	4	0.8
21	1	0	1	1	1	4	0.8
22	1	0	1	1	-1	2	0.4

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		$(\sum R/N)$
23	1	1	1	1	0	4	0.8
24	1	1	1	1	1	5	1
25	1	1	0	1	1	4	0.8
26	1	1	0	-1	1	2	0.4
27	1	-1	1	0	1	2	0.4
28	1	-1	1	0	1	2	0.4
29	1	1	1	0	1	4	0.8
30	1	1	1	1	-1	3	0.6
31	1	1	1	1	-1	3	0.6
32	1	1	0	0	1	3	0.6
33	1	1	1	1	1	5	1
34	1	1	1	1	1	5	1
35	1	1	1	1	1	5	1
36	0	1	1	1	1	4	0.8
37	1	1	0	1	1	4	0.8
38	1	1	1	1	1	5	1
39	1	1	1	1	1	5	1
40	1	1	1	1	1	5	1
41	1	1	1	1	1	5	1
42	1	1	1	1	1	5	1
43	1	1	0	1	0	4	0.8
44	1	1	1	0	0	3	0.6
45	1	1	1	1	1	5	1
46	1	1	1	1	1	5	1
47	1	1	1	0	1	4	0.8

ตารางที่ 16 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC
	คนที่ 1	**คนที่ 2**	**คนที่ 3**	**คนที่ 4**	**คนที่ 5**		$(\sum R/N)$
48	1	1	1	1	1	5	1
49	1	1	1	-1	1	3	0.6
50	1	1	1	-1	1	3	0.6
51	1	1	1	-1	1	3	0.6
52	1	1	1	-1	1	3	0.6
53	1	1	1	1	0	4	0.8
54	0	1	1	1	1	4	0.8
55	1	1	1	1	1	5	1
56	1	1	1	1	0	5	1
57	1	1	1	0	1	4	0.8
58	1	1	1	1	1	5	1
59	1	1	1	1	1	5	1
60	1	1	1	1	1	5	1

การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*r*)
แบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา

ตารางที่ 17 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*r*) ของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา

ข้อที่	ค่า *p*	ค่า *r*	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่	ข้อที่	ค่า *p*	ค่า *r*	ผลการประเมิน	ใช้เป็นข้อที่
1	0.29	0.65	ใช้ได้	-	22	0.74	0.17	ใช้ไม่ได้	-
2	0.21	0.24	ใช้ได้	ข้อที่ 1	23	0.26	0.24	ใช้ได้	ข้อที่ 14
3	0.63	0.06	ใช้ไม่ได้	-	24	0.23	0.24	ใช้ได้	ข้อที่ 15
4	0.29	0.20	ใช้ได้	ข้อที่ 2	25	0.06	0.06	ใช้ไม่ได้	-
5	0.34	0.26	ใช้ได้	ข้อที่ 3	26	0.63	0.53	ใช้ไม่ได้	-
6	0.40	0.29	ใช้ได้	ข้อที่ 4	27	0.40	0.29	ใช้ได้	ข้อที่ 16
7	0.74	-0.29	ใช้ไม่ได้	-	28	0.64	0.20	ใช้ได้	ข้อที่ 17
8	0.63	0.06	ใช้ไม่ได้	-	29	0.34	0.24	ใช้ได้	ข้อที่ 18
9	0.54	0.35	ใช้ได้	ข้อที่ 5	30	0.14	-0.12	ใช้ไม่ได้	-
10	0.37	0.24	ใช้ได้	ข้อที่ 6	31	0.40	0.41	ใช้ได้	ข้อที่ 19
11	0.20	0.06	ใช้ไม่ได้	-	32	0.57	0.29	ใช้ได้	ข้อที่ 20
12	0.67	0.29	ใช้ได้	ข้อที่ 7	33	0.26	0.24	ใช้ได้	ข้อที่ 21
13	0.74	0.41	ใช้ไม่ได้	-	34	0.37	0.47	ใช้ได้	ข้อที่ 22
14	0.57	0.29	ใช้ได้	ข้อที่ 8	35	0.17	-0.06	ใช้ไม่ได้	-
15	0.34	0.24	ใช้ได้	ข้อที่ 9	36	0.40	0.28	ใช้ได้	ข้อที่ 23
16	0.17	0.06	ใช้ไม่ได้	-	37	0.23	0.18	ใช้ไม่ได้	-
17	0.23	0.29	ใช้ได้	ข้อที่ 10	38	0.46	0.29	ใช้ได้	-
18	0.34	0.29	ใช้ได้	ข้อที่ 11	39	0.29	0.21	ใช้ได้	ข้อที่ 24
19	0.37	0.24	ใช้ได้	ข้อที่ 12	40	0.43	0.35	ใช้ได้	-
20	0.51	0.17	ใช้ไม่ได้	-	41	0.31	0.24	ใช้ได้	ข้อที่ 25
21	0.31	0.26	ใช้ได้	ข้อที่ 13	42	0.11	0.18	ใช้ไม่ได้	-

ตารางที่ 17 (ต่อ)

ข้อที่	**ค่า *p***	**ค่า *r***	**ผลการประเมิน**	**ใช้เป็นข้อที่**	**ข้อที่**	**ค่า *p***	**ค่า *r***	**ผลการประเมิน**	**ใช้เป็นข้อที่**
43	0.29	0.06	ใช้ไม่ได้	-	52	0.26	0.24	ใช้ได้	-
44	0.29	0.28	ใช้ได้	-	53	0.45	0.24	ใช้ได้	ข้อที่ 28
45	0.54	0.35	ใช้ได้	ข้อที่ 26	54	0.17	0.06	ใช้ไม่ได้	-
46	0.37	0.35	ใช้ได้	-	55	0.20	0.12	ใช้ไม่ได้	-
47	0.14	0.12	ใช้ไม่ได้	-	56	0.66	0.35	ใช้ได้	-
48	0.20	0.12	ใช้ไม่ได้	-	57	0.34	0.27	ใช้ได้	ข้อที่ 29
49	0.67	0.41	ใช้ได้	-	58	0.43	0.24	ใช้ได้	ข้อที่ 30
50	0.31	0.24	ใช้ได้	ข้อที่ 27	59	0.29	0.30	ใช้ได้	-
51	0.54	0.21	ใช้ได้	-	60	0.06	-0.06	ใช้ไม่ได้	-

จากตารางที่ 17 เมื่อนำคะแนนของแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยามาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ โดยใช้สูตรคูเดอร์ริชาร์ดสัน (KR-20) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.80 ซึ่งถือว่านำไปใช้ได้

การวิเคราะห์แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา
เพื่อหาดัชนีความสอดคล้องระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้และข้อคำถาม

ตารางที่ 18 ค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างจุดประสงค์การเรียนรู้และข้อคำถาม ของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC
	คนที่ 1	**คนที่ 2**	**คนที่ 3**	**คนที่ 4**	**คนที่ 5**		$(\sum R/N)$
1	1	1	1	1	1	5	1
2	1	1	1	1	1	5	1
3	1	1	1	1	1	5	1
4	1	1	1	1	1	5	1
5	1	1	1	1	1	5	1
6	1	1	1	1	1	5	1
7	1	1	1	1	0	4	0.8
8	1	1	1	1	-1	3	0.6
9	1	1	1	1	1	5	1
10	1	1	1	1	1	5	1
11	1	1	1	1	1	5	1
12	1	1	1	1	1	5	1
13	1	1	1	1	1	5	1
14	1	1	1	0	1	4	0.8
15	1	1	1	1	0	4	0.8
16	1	1	1	1	1	5	1
17	1	1	1	1	1	5	1
18	1	1	1	1	1	5	1
19	1	1	1	1	1	5	1
20	1	1	1	1	1	5	1
21	1	1	1	-1	1	3	0.6
22	1	1	1	-1	-1	1	0.2

ตารางที่ 18 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		$(\sum R/N)$
23	1	1	1	-1	1	4	0.8
24	1	1	1	1	1	5	1
25	1	1	1	1	1	5	1
26	1	1	1	1	1	5	1
27	1	1	1	1	1	5	1
28	1	1	1	0	1	4	0.8
29	1	1	1	1	1	5	1
30	1	1	1	1	1	5	1
31	1	1	1	1	1	5	1
32	1	1	1	1	1	5	1
33	1	1	1	0	0	3	0.6
34	1	1	1	1	1	5	1
35	1	1	1	1	1	5	1
36	1	1	1	1	1	5	1
37	1	1	1	1	-1	3	0.6
38	1	1	1	1	-1	3	0.6
39	1	1	1	1	1	5	1
40	1	1	1	1	1	5	1
41	1	1	1	0	0	3	0.6
42	1	1	1	1	1	5	1
43	1	1	1	1	1	5	1
44	1	1	1	1	1	5	1
45	1	1	1	1	0	4	0.8
46	1	1	1	1	1	5	1

ตารางที่ 18 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					R	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		$(\sum R/N)$
47	1	1	1	1	1	5	1
48	1	1	1	1	1	5	1
49	1	1	1	0	1	4	0.8
50	1	1	1	1	1	5	1
51	1	1	1	0	0	3	0.6
52	1	1	1	1	1	5	1
53	1	1	1	1	1	5	1
54	1	1	1	1	1	5	1
55	1	1	1	0	0	3	0.6
56	1	-1	1	0	0	1	0.2
57	1	1	1	1	1	5	1
58	1	1	1	0	1	4	0.8
59	1	1	1	1	1	5	1
60	1	1	1	1	1	5	1

การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*r*)
แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา

ตารางที่ 19 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (*p*) และค่าอำนาจจำแนก (*r*) ของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา

ข้อที่	ค่า *p*	ค่า *r*	ผลการประเมิน	หมายเหตุ	ข้อที่	ค่า *p*	ค่า *r*	ผลการประเมิน	หมายเหตุ
1	0.37	0.23	ใช้ได้	-	22	0.34	0.27	ใช้ได้	-
2	0.71	0.27	ใช้ได้	-	23	0.51	0.20	ใช้ได้	-
3	0.37	0.33	ใช้ได้	-	24	0.29	0.29	ใช้ได้	-
4	0.14	0.12	ใช้ไม่ได้	แก้ไข	25	0.60	0.47	ใช้ได้	-
5	0.49	0.29	ใช้ได้	-	26	0.60	0.26	ใช้ได้	-
6	0.14	0.06	ใช้ไม่ได้	แก้ไข	27	0.29	0.21	ใช้ได้	-
7	0.06	0.06	ใช้ไม่ได้	แก้ไข	28	0.66	0.35	ใช้ได้	-
8	0.51	0.29	ใช้ได้	-	29	0.40	0.26	ใช้ได้	-
9	0.17	0.05	ใช้ไม่ได้	แก้ไข	30	0.06	0.06	ใช้ไม่ได้	แก้ไข
10	0.69	0.41	ใช้ได้	-	31	0.14	-0.06	ใช้ไม่ได้	แก้ไข
11	0.31	0.35	ใช้ได้	-	32	0.11	0.00	ใช้ไม่ได้	แก้ไข
12	0.06	0.12	ใช้ไม่ได้	แก้ไข	33	0.34	0.29	ใช้ได้	-
13	0.89	0.12	ใช้ไม่ได้	แก้ไข	34	0.23	0.24	ใช้ได้	-
14	0.77	0.47	ใช้ได้	-	35	0.09	0.26	ใช้ไม่ได้	-
15	0.40	-0.12	ใช้ไม่ได้	แก้ไข	36	0.69	0.29	ใช้ได้	-
16	0.20	0.29	ใช้ได้	-	37	0.43	0.24	ใช้ได้	-
17	0.37	0.21	ใช้ได้	-	38	0.57	0.35	ใช้ได้	-
18	0.34	0.41	ใช้ได้	-	39	0.43	0.35	ใช้ได้	-
19	0.89	0.24	ใช้ไม่ได้	แก้ไข	40	0.14	0.18	ใช้ไม่ได้	แก้ไข
20	0.69	0.41	ใช้ได้	-	41	0.06	0.00	ใช้ไม่ได้	แก้ไข
21	0.34	0.26	ใช้ได้	-	42	0.37	0.31	ใช้ได้	-

ตารางที่ 19 (ต่อ)

ข้อที่	ค่า *p*	ค่า *r*	ผลการประเมิน	หมายเหตุ	ข้อที่	ค่า *p*	ค่า *r*	ผลการประเมิน	หมายเหตุ
43	0.23	0.26	ใช้ได้	-	52	0.43	0.27	ใช้ได้	-
44	0.31	0.32	ใช้ได้	-	53	0.43	0.26	ใช้ได้	-
45	0.09	0.06	ใช้ไม่ได้	แก้ไข	54	0.29	0.29	ใช้ได้	-
46	0.17	0.12	ใช้ไม่ได้	แก้ไข	55	0.23	0.27	ใช้ได้	-
47	0.06	0.26	ใช้ไม่ได้	แก้ไข	56	0.11	0.11	ใช้ไม่ได้	แก้ไข
48	0.63	0.21	ใช้ได้		57	0.14	-0.06	ใช้ไม่ได้	แก้ไข
49	0.11	0.06	ใช้ไม่ได้	แก้ไข	58	0.20	0.21	ใช้ได้	-
50	0.20	0.35	ใช้ได้	-	59	0.26	0.27	ใช้ได้	-
51	0.60	0.24	ใช้ได้	-	60	0.69	0.35	ใช้ได้	-

จากตารางที่ 19 เมื่อนำคะแนนของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา มาวิเคราะห์หาค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ โดยใช้สูตรคูเดอร์ริชาร์ดสัน (KR-20) พบว่ามีค่าเท่ากับ 0.81 ซึ่งถือว่านำไปใช้ได้

ภาคผนวก ง

- ตารางคะแนนก่อนเรียน และหลังเรียนจากแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
- ตารางคะแนนก่อนเรียน และหลังเรียนจากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4
- ตารางคะแนนหลังเรียนจากแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

ตารางที่ 20 คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน จากแบบทดสอบวัดความสามารถในการให้เหตุผลอย่างไม่เป็นทางการ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คนที่	คะแนนก่อนเรียน				คะแนนหลังเรียน				คนที่	คะแนนก่อนเรียน				คะแนนหลังเรียน			
	สถานการณ์ที่				สถานการณ์ที่					สถานการณ์ที่				สถานการณ์ที่			
	1 (12)	2 (12)	3 (12)	รวม (36)	1 (12)	2 (12)	3 (12)	รวม (36)		1 (12)	2 (12)	3 (12)	รวม (36)	1 (12)	2 (12)	3 (12)	รวม (36)
1)	4	5	3	12	8	7	10	25	11)	3	4	5	12	9	9	10	28
2)	5	2	2	9	10	10	10	30	12)	5	5	3	13	10	10	9	29
3)	3	2	3	8	11	11	10	32	13)	4	5	6	15	10	10	11	31
4)	5	3	4	12	11	9	10	30	14)	2	4	3	9	10	8	12	30
5)	4	5	6	15	10	9	10	29	15)	4	4	4	12	12	9	12	31
6)	6	6	6	18	11	10	9	30	16)	5	5	6	16	12	11	10	33
7)	4	3	4	11	10	9	11	30	17)	3	3	2	8	11	10	9	30
8)	4	2	3	9	12	12	10	34	18)	3	3	3	9	9	9	11	29
9)	5	4	5	14	9	9	10	28	19)	4	5	4	13	12	10	11	33
10)	5	6	4	15	9	9	10	28	20)	6	5	6	17	12	11	11	34

ตารางที่ 20 (ต่อ)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน				คะแนนหลังเรียน				คนที่	คะแนนก่อนเรียน				คะแนนหลังเรียน			
	สถานการณ์ที่				สถานการณ์ที่					สถานการณ์ที่				สถานการณ์ที่			
	1 (12)	2 (12)	3 (12)	รวม (36)	1 (12)	2 (12)	3 (12)	รวม (36)		1 (12)	2 (12)	3 (12)	รวม (36)	1 (12)	2 (12)	3 (12)	รวม (36)
21)	3	3	2	8	11	11	9	31	31)	4	4	3	11	12	10	9	31
22)	4	3	4	11	11	9	10	30	32)	3	4	5	12	11	10	11	32
23)	3	3	4	10	11	11	11	33	33)	3	3	4	10	11	9	10	30
24)	5	4	5	14	11	11	10	32	34)	5	5	6	16	11	11	11	33
25)	3	3	3	9	12	11	11	34	35)	4	4	5	13	10	9	10	29
26)	4	5	4	13	11	10	12	33	รวม	265	270	220	775	371	344	359	1074
27)	3	3	4	10	10	9	9	28	$\bar{x}$	3.85	3.88	3.98	11.71	10.60	9.83	10.26	30.69
28)	2	3	2	7	11	11	11	33	*SD*	0.52	0.59	0.51	0.54	0.48	0.47	0.44	0.46
29)	3	3	3	9	10	9	10	29	*(%)*	63.10	64.23	52.38	59.92	88.33	81.90	85.48	85.24
30)	2	4	4	10	10	11	11	32									

ตารางที่ 21 คะแนนก่อนเรียนและหลังเรียน จากแบบทดสอบวัดผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาชีววิทยา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คนที่	คะแนนก่อนเรียน					คะแนนหลังเรียน					คนที่	คะแนนก่อนเรียน					คะแนนหลังเรียน				
	ความรู้-จำ (8)	ความเข้าใจ (7)	นำไปใช้ (13)	วิเคราะห์ (2)	รวมทั้งฉบับ (30)	ความรู้-จำ (8)	ความเข้าใจ (7)	นำไปใช้ (13)	วิเคราะห์ (2)	รวมทั้งฉบับ (30)		ความรู้-จำ (8)	ความเข้าใจ (7)	นำไปใช้ (13)	วิเคราะห์ (2)	รวมทั้งฉบับ (30)	ความรู้-จำ (8)	ความเข้าใจ (7)	นำไปใช้ (13)	วิเคราะห์ (2)	รวมทั้งฉบับ (30)
1)	3	3	4	1	11	5	4	8	1	18	11)	2	2	2	1	7	4	3	6	2	15
2)	4	2	5	0	11	6	6	7	1	20	12)	3	3	4	1	11	5	5	7	1	18
3)	5	3	2	0	10	4	5	10	0	19	13)	3	3	3	0	9	6	5	8	1	20
4)	3	1	4	0	8	7	5	8	1	21	14)	4	2	2	0	8	3	6	8	0	17
5)	4	2	4	0	10	5	6	7	0	18	15)	2	3	4	0	9	5	2	6	2	15
6)	4	2	5	1	12	5	4	6	1	16	16)	1	3	8	0	12	4	3	5	2	14
7)	3	3	4	0	10	4	4	6	1	15	17)	2	2	4	0	8	4	5	5	2	16
8)	3	4	2	1	10	7	5	7	1	20	18)	2	2	3	0	7	6	4	4	1	15
9)	1	1	4	0	6	8	6	7	1	22	19)	3	2	2	0	7	7	6	5	0	18
10)	3	1	3	1	8	7	4	6	0	17	20)	3	3	3	0	9	6	7	7	0	20

ตารางที่ 21 (ต่อ)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน					คะแนนหลังเรียน				
	ความรู้- (8)	ความ (7)	นำไปใช้ (13)	วิเคราะห์ (2)	รวมทั้งฉบับ (30)	ความรู้- (8)	ความ (7)	นำไปใช้ (13)	วิเคราะห์ (2)	รวมทั้งฉบับ (30)
21)	4	3	4	1	12	4	5	6	0	15
22)	3	2	4	0	9	3	6	7	1	17
23)	4	3	3	0	10	6	4	5	1	16
24)	3	1	3	1	8	7	5	5	1	18
25)	2	2	3	1	8	5	3	6	1	15
26)	2	4	4	1	11	6	4	9	0	19
27)	2	3	2	0	7	4	5	8	1	18
28)	1	3	3	0	7	4	4	8	0	16
29)	1	2	3	1	7	5	5	8	2	20

คนที่	คะแนนก่อนเรียน					คะแนนหลังเรียน				
	ความรู้-จำ (8)	ความเข้าใจ (7)	นำไปใช้ (13)	วิเคราะห์ (2)	รวมทั้งฉบับ (30)	ความรู้-จำ (8)	ความเข้าใจ (7)	นำไปใช้ (13)	วิเคราะห์ (2)	รวมทั้งฉบับ (30)
30)	2	2	4	1	9	7	4	5	0	16
31)	3	3	4	1	11	5	6	9	0	20
32)	3	3	2	1	9	4	4	7	2	17
33)	4	2	4	0	10	4	4	6	1	15
34)	5	2	5	0	12	6	6	10	1	23
35)	4	3	2	1	10	5	5	5	1	16
รวม	101	85	122	15	323	183	165	237	30	615
$\bar{x}$	2.89	2.43	3.49	0.43	9.23	5.23	4.71	6.77	0.86	17.57
(%)	36.07	34.69	26.81	21.43	30.76	65.36	67.35	52.09	40.00	58.57

ตารางที่ 22 คะแนนแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ชีววิทยาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4

คนที่	วงจรการเรียนรู้ที่ 1			วงจรการเรียนรู้ที่ 2			วงจรการเรียนรู้ที่ 3			รวม (ก่อนเรียน)	รวม (หลังเรียน)
	ก่อนเรียน (20)	หลังเรียน (20)	คะแนนพัฒนาการ (%)	ก่อนเรียน (20)	หลังเรียน (20)	คะแนนพัฒนาการ (%)	ก่อนเรียน (20)	หลังเรียน (20)	คะแนนพัฒนาการ (%)	(60)	(60)
1	5	9	36.36	6	11	55.56	6	12	75.00	17	32
2	4	9	45.45	4	10	60.00	7	13	85.71	15	32
3	9	12	37.50	6	11	55.56	6	12	75.00	21	35
4	5	9	36.36	5	10	50.00	4	11	77.78	14	30
5	6	9	27.27	5	9	36.36	8	12	50.00	19	30
6	6	8	16.67	7	12	62.50	7	13	85.71	20	33
7	8	11	33.33	6	10	40.00	5	12	87.50	19	33
8	4	8	33.33	10	13	42.86	4	11	77.78	18	32
9	7	10	30.00	8	12	50.00	6	12	75.00	21	34
10	7	11	44.44	7	12	62.50	7	13	85.71	21	36
11	5	9	36.36	7	11	44.44	8	12	50.00	20	32
12	8	11	33.33	4	9	45.45	6	12	75.00	18	32
13	4	9	45.45	8	13	71.43	5	12	87.50	17	34
14	5	8	25.00	7	11	44.44	7	13	85.71	19	32
15	8	11	33.33	4	9	45.45	6	11	55.56	18	31
16	6	9	27.27	5	9	36.36	4	9	45.45	15	27
17	7	10	30.00	6	10	40.00	7	13	85.71	20	33

ตารางที่ 22 (ต่อ)

คนที่	วงจรการเรียนรู้ที่ 1 ก่อนเรียน (20)	วงจรการเรียนรู้ที่ 1 หลังเรียน (20)	วงจรการเรียนรู้ที่ 1 คะแนนพัฒนาการ (%)	วงจรการเรียนรู้ที่ 2 ก่อนเรียน (20)	วงจรการเรียนรู้ที่ 2 หลังเรียน (20)	วงจรการเรียนรู้ที่ 2 คะแนนพัฒนาการ (%)	วงจรการเรียนรู้ที่ 3 ก่อนเรียน (20)	วงจรการเรียนรู้ที่ 3 หลังเรียน (20)	วงจรการเรียนรู้ที่ 3 คะแนนพัฒนาการ (%)	รวม (ก่อนเรียน) (60)	รวม (หลังเรียน) (60)
18	7	11	44.44	6	11	55.56	5	11	66.67	18	33
19	7	10	30.00	7	12	62.50	6	12	75.00	20	34
20	5	9	36.36	10	13	42.86	4	10	60.00	19	32
21	9	9	22.22	9	13	42.86	4	10	60.00	27	38
22	5	6	40.00	5	11	57.14	9	14	83.33	19	34
23	8	8	20.00	8	11	66.67	8	13	71.43	21	32
24	3	6	27.27	3	9	33.33	5	11	66.67	18	32
25	6	7	40.00	7	11	54.55	9	14	83.33	17	31
26	3	7	44.44	3	9	44.44	4	10	60.00	14	30
27	5	7	18.18	5	9	54.55	4	10	60.00	19	30
28	3	9	37.50	3	10	36.36	7	12	62.50	19	35
29	3	7	30.00	3	8	70.00	7	13	85.71	18	31
30	8	10	33.33	8	11	41.67	8	13	71.43	21	32
31	7	10	18.18	10	12	33.33	5	10	50.00	23	32
32	9	9	10.00	9	11	25.00	6	11	55.56	27	35
33	4	5	33.33	5	9	22.22	9	14	83.33	12	26
34	7	8	18.18	7	10	36.36	3	9	54.54	19	30
35	8	7	33.33	7	11	30.00	5	11	66.67	19	31
$\bar{x}$	6.60	9.80	31.67	6.29	10.66	47.26	6.03	11.71	70.34	18.91	32.12
SD	1.50	1.12	8.89	2.00	1.35	12.26	1.62	1.39	13.44	3.01	2.29