ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ ที่มีต่อมโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม

ศศิวิมล สนิทบุญ

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต
สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์
บัณฑิตวิทยาลัย มหาวิทยาลัยบูรพา
สิงหาคม 2559

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยบูรพา

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์และคณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ได้พิจารณาวิทยานิพนธ์ของ ศศิวิมล สนิทบุญ ฉบับนี้แล้ว เห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพาได้

คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์

....อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก
(ดร.ศรัณย์ ภิบาลชนม์)

....อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

....ประธาน
(รองศาสตราจารย์ ดร.อารมณ์ เพชรชื่น)

....กรรมการ
(ดร.ศรัณย์ ภิบาลชนม์)

....กรรมการ
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)

....กรรมการ
(ดร.สมศิริ สิงห์ลพ)

คณะศึกษาศาสตร์อนุมัติให้รับวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ ของมหาวิทยาลัยบูรพา

....คณบดีคณะศึกษาศาสตร์
(รองศาสตราจารย์ ดร.วิชิต สุรัตน์เรืองชัย)
วันที่...31...เดือน...กรกฎาคม...พ.ศ.2559

งานวิจัยนี้ได้รับทุนการศึกษาจากโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางด้านวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.)

กิตติกรรมประกาศ

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้สำเร็จลงได้ด้วยความกรุณาอย่างสูงยิ่งจาก ดร.ศรัณย์ ภิบาลชนม์ อาจารย์ที่ปรึกษาหลัก และ ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์ อาจารย์ที่ปรึกษาร่วม ที่ได้ให้ความรู้ คำแนะนำที่เป็นประโยชน์ต่อการทำวิทยานิพนธ์ ตลอดจนแก้ไขข้อบกพร่องในการดำเนินงานด้านต่าง ๆ ทั้งยังคอยเอาใจใส่คอยติดตามความก้าวหน้าของผู้วิจัยตลอดมา ผู้วิจัยรู้สึกซาบซึ้งเป็นอย่างยิ่ง จึงขอกราบขอบพระคุณเป็นอย่างสูงไว้ ณ โอกาสนี้

ขอกราบขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์ ดร.อารมณ์ เพชรชื่น ประธานกรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ดร.สมศิริ สิงห์ลพ กรรมการสอบวิทยานิพนธ์ ที่ได้กรุณาสละเวลาอันมีค่ามาร่วมสอบวิทยานิพนธ์ ตลอดจนให้แนวคิด ข้อเสนอแนะ อธิบาย และตรวจสอบความถูกต้องในการแก้วิทยานิพนธ์นี้ให้สำเร็จ

ขอขอบพระคุณ รองศาสตราจารย์เรวัฒน์ เหล่าไพบูลย์ ดร.สมพงษ์ ปั้นหุ่น ดร.ปรีชา ไพรินทร์ อาจารย์ธีรพงศ์ อ่อนอก และอาจารย์เริงณรงค์ กงแก้ว ที่กรุณารับเป็นผู้เชี่ยวชาญในการตรวจสอบคุณภาพของเครื่องมือ รวมทั้งให้คำแนะนำแก้ไขเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยให้มีคุณภาพยิ่งขึ้น นอกจากนี้ยังได้รับความอนุเคราะห์จากผู้อำนวยการโรงเรียน คณะครูและนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี จังหวัดชลบุรี ที่ได้ให้ความร่วมมืออย่างดียิ่งในการเก็บรวบรวมข้อมูลและการทดลองใช้เครื่องมือการวิจัย

ขอกราบขอบพระคุณ คุณพ่อสมบัติ คุณแม่ศรีรุ่งเรือง สนิทบุญ และครอบครัวที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ส่งเสริม สนับสนุน เป็นกำลังใจที่ดีในการศึกษาครั้งนี้เป็นอย่างยิ่ง

ขอบคุณเพื่อนนิสิตปริญญาโทในโครงการส่งเสริมการผลิตครูที่มีความสามารถพิเศษทางวิทยาศาสตร์และคณิตศาสตร์ (สควค.) มหาวิทยาลัยบูรพา ที่ได้ให้ความช่วยเหลือ คำแนะนำและให้กำลังใจแก่ผู้วิจัยเสมอ

ขอขอบพระคุณสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (สสวท.) ที่กรุณามอบทุนการศึกษาในระดับปริญญาโท และมอบทุนการศึกษาเพื่อสนับสนุนการทำวิจัยในครั้งนี้

คุณค่าและประโยชน์ของวิทยานิพนธ์ฉบับนี้ ผู้วิจัยขอมอบเป็นกตัญญูกตเวทิตาแด่บุพการี บูรพาจารย์ และผู้มีพระคุณทุกท่านทั้งในอดีตและปัจจุบัน ที่ทำให้ข้าพเจ้าเป็นผู้มีการศึกษาและประสบความสำเร็จมาจนตราบเท่าทุกวันนี้

ศศิวิมล สนิทบุญ

57910201: สาขาวิชา: การสอนวิทยาศาสตร์; กศ.ม. (การสอนวิทยาศาสตร์)
คำสำคัญ: การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์/ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์/ การคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์

ศศิวิมล สนิทบุญ: ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ ที่มีต่อมโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม (THE EFFECT OF 5E INQUIRY APPROACH AND ANALYTICAL QUESTIONS OF 12th GRADE STUDENTS ON SCIENCE CONCEPTS AND SCIENTIFIC ANALYTICAL THINKING ON ATOMIC PHYSICS) คณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์: ศรัณย์ ภิบาลชนม์, ปร.ด., เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์, กศ.ด. 204 หน้า. ปี พ.ศ. 2559.

การวิจัยครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม กลุ่มเป้าหมายในการวิจัยเป็นนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี จำนวน 22 คน ซึ่งเป็นห้องเรียนที่เน้นด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยประกอบด้วย 1) แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม จำนวน 7 แผน 2) แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มีค่าความเชื่อมั่น .91 3) แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ มีค่าความเชื่อมั่น .69 โดยใช้การสังเกตและปรับปรุงรูปแบบกระบวนการสอนด้วย Action research สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ การศึกษาคะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ ค่าเฉลี่ย ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน ค่าร้อยละ และการทดสอบแบบที (Paired samples *t*-test)

ผลการวิจัยพบว่า 1) นักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีพัฒนาการอยู่ในระดับกลาง เฉลี่ยร้อยละ 40.37 2) นักเรียนมีการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีพัฒนาการอยู่ในระดับกลาง เฉลี่ยร้อยละ 49.09

57910201: MAJOR: SCIENCE TEACHING; M.Ed. (SCIENCE TEACHING)
KEYWORDS: 5E INQUIRY APPROACH AND ANALYTICAL QUESTIONS/ SCIENCE CONCEPTS/ SCIENTIFIC ANALYTICAL THINKING

SASIWIMON SANITBOON: THE EFFECT OF 5E INQUIRY APPROACH AND ANALYTICAL QUESTIONS OF 12th GRADE STUDENTS ON SCIENCE CONCEPTS AND SCIENTIFIC ANALYTICAL THINKING ON ATOMIC PHYSICS. THESIS ADVISORY COMMITTEE: SARUN PHIBANCHON, Ph.D., CHADE SIRISAWAT, Ed.D. 204 P. 2016.

The purposes of this research were to study science concepts and scientific analytical thinking of grade 12 students after learning with 5E inquiry approach and analytical questions. The target groups were 22 twelfth grade students who studied in a mathematics and scientific course, in the first semester of academic year 2015 at Princess Chulabhorn's College Chonburi, Banbung District, Chonburi Province. The research design was an action research. The research instruments consisted of 7 lesson plans, the science concepts test (with the reliability of .91), and the scientific analytical thinking test (with the reliability of .69). The statistic used for analyzing the data were growth scores, mean, standard deviation, percentage and Paired samples *t*-test.

The research finding were that the science concepts on atomic physics questions of the twelth grade students using 5E inquiry approach and analytical questioning had growth score higher than that before learning by mean of 40.37% which considered at middle level and higher than at the .01 level. The scientific analytical thinking of the students using 5E inquiry approach and analytical questions had growth score higher than that before learning by mean of 49.09% at a middle level with the significance level of .01.

สารบัญ

	หน้า
บทคัดย่อภาษาไทย	จ
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ	ฉ
สารบัญ	ช
สารบัญตาราง	ฌ
สารบัญภาพ	ฎ
บทที่	
1 บทนำ	
ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	5
คำถามการวิจัย	5
ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย	5
ขอบเขตของการวิจัย	6
กรอบแนวคิดในการวิจัย	7
นิยามศัพท์เฉพาะ	8
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	
หลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี	13
ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้	23
การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)	30
การใช้คำถามเชิงวิเคราะห์	36
มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	41
การคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์	46
การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน	50
งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	59
3 วิธีดำเนินการวิจัย	
กลุ่มเป้าหมาย	64
รูปแบบการวิจัย	64
เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย	65

สารบัญ (ต่อ)

หน้า

การสร้างและการตรวจสอบคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย............................ 65

วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล.. 79

การวิเคราะห์ข้อมูล... 80

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล... 80

4 ผลการวิจัย...

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล... 85

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล... 85

5 สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ..

สรุปผลการวิจัย.. 107

อภิปรายผลการวิจัย... 107

ข้อเสนอแนะ.. 112

บรรณานุกรม.. 113

ภาคผนวก.. 121

ภาคผนวก ก... 122

ภาคผนวก ข... 131

ภาคผนวก ค... 143

ประวัติย่อของผู้วิจัย.. 204

สารบัญตาราง

ตารางที่		หน้า
2-1	พัฒนาการทางด้านสติปัญญาตามการแบ่งของ บลูม กับของ แอนเดอสัน และครัทวอล	29
2-2	ลักษณะของการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน	55
3-1	การกำหนดการสอนและจุดประสงค์การเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ฟิสิกส์อะตอม	66
3-2	การแสดงจุดประสงค์การเรียนรู้และมโนทัศน์ในการเรียน เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม	70
3-3	วิเคราะห์เนื้อหาองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์	78
4-1	คะแนนพัฒนาการด้านมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม	86
4-2	ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม โดยใช้ค่าทดสอบสถิติที (Paired samples *t*-test)	87
4-3	คะแนนพัฒนาการด้านการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์	88
4-4	คะแนนพัฒนาการรายด้านของการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์	90
4-5	ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ โดยใช้ค่าทดสอบสถิติที (Paired samples *t*-test)	90
4-6	คะแนนแบบฝึกหัดท้ายบทหลังจากการใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์	104
ข-1	ค่าประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม	132

สารบัญตาราง (ต่อ)

ตารางที่ หน้า

ข-2 ค่าประเมินระดับความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญของแผนการจัดการเรียนรู้................ 133
ข-3 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม.. 136
ข-4 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบของแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์.. 137
ข-5 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม จำนวน 15 ข้อ.. 139
ข-6 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ.. 140
ข-7 คะแนนแบบทดสอบท้ายบทเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1....................... 141

สารบัญรูปภาพ

ภาพที่ หน้า

1-1 กรอบแนวคิดในการวิจัย.. 7

2-1 การเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ตามแนวคิด
ของสมบัติ กาญจนารักพงศ์.. 35

2-2 วงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนของ บัญชา แสนทวี...................................... 54

2-3 O' Leary's cycle... 56

2-4 วงจรการปฏิบัติการในชั้นเรียนของสุวิมล ว่องวาณิช.. 57

2-5 ขั้นตอนการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน... 58

4-1 ความคิดเห็นของนักเรียนจากการเขียนบันทึกการเรียนรู้.. 94

4-2 ตัวอย่างการตอบคำถามของนักเรียนจากการตรวจแบบฝึกหัดท้ายแผนการจัด
การเรียนรู้ที่ 2.. 95

4-3 ตัวอย่างการลักษณะการเขียนคำตอบของนักเรียน.. 97

4-4 ความคิดเห็นของนักเรียนจากการเขียนแบบบันทึกการเรียนรู้.................................. 98

4-5 แบบฝึดหัดท้ายบทเรียนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5.. 100

4-6 บันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน... 101

4-7 บันทึกการเรียนรู้และแบบฝึดหัดของนักเรียน.. 103

4-8 แผนภูมิแท่งแสดงคะแนนแบบฝึกหัดหลังจากการใช้การจัดการเรียนรู้
แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์วงจรที่ 1-3..... 105

บทที่ 1
บทนำ

ความเป็นมาและความสำคัญของปัญหา

สังคมโลกในปัจจุบันมีการเปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว เป็นผลมาจากได้รับอิทธิพลของกระแสโลกาภิวัฒน์ ทำให้ผู้คนบนโลกสามารถติดต่อสื่อสารกันได้อย่างกว้างขวาง ประเทศไทยก็ได้รับอิทธิพลดังกล่าวด้วย ส่งผลให้ประเทศไทยจำเป็นต้องมีการพยายามประดิษฐ์ ผลิตและพัฒนาเทคโนโลยีและนวัตกรรมใหม่ ๆ รวมไปถึงการพัฒนาคนเพื่อรองรับกระแสการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2552, หน้า 1) การศึกษาเป็นหัวใจสำคัญของการพัฒนาประเทศและได้รับการคาดหวังให้ทำหน้าที่ต่าง ๆ ที่เป็นเป็นรากฐานสำคัญในการพัฒนาทรัพยากรมนุษย์ เป็นส่วนช่วยในการเพิ่มความเท่าเทียมในสังคมและเป็นจุดเริ่มต้นของการสร้างอาชีพ ซึ่งเป็นตัวขับเคลื่อนการเจริญเติบโตทางเศรษฐกิจและความเจริญรุ่งเรืองของประเทศ (สำนักบริหารงานการมัธยมศึกษาตอนปลาย สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ, 2558, หน้า 1) เราจะเห็นว่าการศึกษามีความบทบาทสำคัญอย่างยิ่ง ดังนั้น การจัดการศึกษาจึงจำเป็นต้องจัดให้เหมาะสมกับความต้องการทางด้านเศรษฐกิจ สังคม การเมือง และวัฒนธรรมของประเทศ และสามารถสร้างสรรค์ความเจริญก้าวหน้าแก่สังคมไทย ทั้งยังสร้างความสมดุลและความกลมกลืนของการพัฒนาด้านต่าง ๆ ได้ (กรมวิชาการ, 2545, หน้า 1)

วิทยาศาสตร์เป็นวิชาที่ศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติที่เกิดขึ้นรอบตัวเรา ซึ่งมีบทบาทสำคัญกับการพัฒนาคุณภาพชีวิตของบุคคลและสังคม นอกจากนี้ยังมีการนำความรู้ทางวิทยาศาสตร์ไปใช้ในด้านต่าง ๆ ซึ่งเกี่ยวข้องกับทุกคนทั้งในชีวิตประจำวันและการงานอาชีพต่าง ๆ ตลอดจนเทคโนโลยีเครื่องมือเครื่องใช้และผลผลิตต่าง ๆ ที่มนุษย์ได้ใช้ เพื่ออำนวยความสะดวกในชีวิตและการทำงาน สิ่งเหล่านี้ล้วนเป็นผลทางวิทยาศาสตร์ ผสมผสานกับความคิดสร้างสรรค์และศาสตร์อื่น ๆ วิทยาศาสตร์ช่วยให้มนุษย์ได้พัฒนาวิธีคิด ทั้งความคิดที่เป็นเหตุเป็นผล คิดสร้างสรรค์ คิดวิเคราะห์ คิดวิจารณ์ ดังนั้น ทุกคนจึงจำเป็นต้องได้รับการพัฒนาให้รู้วิทยาศาสตร์ เพื่อที่จะมีความรู้ความเข้าใจ ในธรรมชาติและเทคโนโลยีที่มนุษย์สร้างสรรค์ขึ้นสามารถนำความรู้ไปใช้อย่างมีเหตุผล สร้างสรรค์ และมีคุณธรรม (กระทรวงศึกษาธิการ, 2551, หน้า 92) จากข้างต้นจะเห็นว่าวิทยาศาสตร์มีความสำคัญต่อการพัฒนาความคิดของมนุษย์ ซึ่งกระทรวงศึกษาธิการได้เล็งเห็นความสำคัญนี้จึงบรรจุวิทยาศาสตร์เป็นกลุ่มสาระการเรียนรู้ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษา

ขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 การศึกษาในด้านวิทยาศาสตร์นั้นยังถูกแบ่งย่อยออกเป็นฟิสิกส์ เคมี ชีววิทยา วิทยาศาสตร์โลก วิทยาศาสตร์สุขภาพ เป็นต้น

ฟิสิกส์เป็นสาขาหนึ่งของวิชาวิทยาศาสตร์ ที่มีความเกี่ยวข้องและสัมพันธ์กับชีวิตความเป็นอยู่ของมนุษย์ ความรู้ในทางฟิสิกส์สามารถนำไปใช้อธิบายปรากฏการณ์ต่าง ๆ ในธรรมชาติ และยังเป็นพื้นฐานด้านเกษตรกรรม อุตสาหกรรม การแพทย์ ตลอดจนการนำไปประยุกต์ใช้ในการสร้างเครื่องอำนวยความสะดวกในชีวิตประจำวัน การมีความรู้ทางฟิสิกส์เป็นส่วนหนึ่งของการมีความรู้ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์ที่ประกอบด้วยความเข้าใจในมโนมติและความเข้าใจในกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (Gallagher, Stepien, Sher & Workman, 1995, 136-145) ดังนั้น เพื่อให้บุคคลมีความรู้ความเข้าใจในวิทยาศาสตร์สาขาฟิสิกส์ จึงต้องใช้วิธีการเรียนรู้ที่เหมาะสมเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ที่ถูกต้อง อย่างไรก็ตาม การศึกษาของไทยในด้านการเรียนวิชาฟิสิกส์ก็ยังประสบปัญหาอยู่ อาทิเช่น การมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ เป็นต้น

โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี เป็นโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค ซึ่งมีภารกิจในการจัดการศึกษาสำหรับผู้มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ทั้งในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย ในลักษณะของโรงเรียนประจำ เพื่อเป็นการกระจายโอกาสให้กับผู้มีความสามารถพิเศษที่มีกระจายอยู่ในทุกภูมิภาคของประเทศ และเพื่อเป็นการเพิ่มโอกาสให้กับนักเรียนกลุ่มด้อยโอกาสและขาดแคลนทุนทรัพย์ โดยการเข้าศึกษาต่อในโรงเรียนแห่งนี้นักเรียนจะต้องผ่านการสอบคัดเลือก หลักสูตรของโรงเรียนแห่งนี้ได้พัฒนามาจากหลักสูตรของโรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ โดยในหลักสูตรสถานศึกษาได้จัดรายวิชาฟิสิกส์ของนักเรียนระดับมัธยมศึกษาตอนปลายไว้เป็นทั้งวิชาพื้นฐานและเพิ่มเติม คือ วิชาฟิสิกส์พื้นฐาน วิชากลศาสตร์ วิชาสมบัติกายภาพของสารอุณหพลศาสตร์และคลื่นเสียง วิชาไฟฟ้าและแม่เหล็ก และวิชาคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและฟิสิกส์ยุคใหม่ (หลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย, 2558) สำหรับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 นักเรียนจะได้เรียนวิชาคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและฟิสิกส์ยุคใหม่ ซึ่งประกอบด้วยเนื้อหาดังนี้ คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า แสงเชิงกายภาพ แสงเชิงเรขาคณิต ฟิสิกส์อะตอม และฟิสิกส์นิวเคลียร์ ซึ่งผู้วิจัยและครูประจำวิชาได้พบปัญหาในการจัดการเรียนการสอนหลายประการ ซึ่งปัญหาดังกล่าวพบโดยการสังเกตของผู้วิจัยและจากการสัมภาษณ์ของครูประจำวิชาคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและฟิสิกส์ยุคใหม่ถึงปัญหาที่เกิดขึ้นกับรายวิชาดังกล่าว พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ไม่สามารถนำความรู้เดิมในเนื้อหาที่เรียนมาแล้วเชื่อมโยงให้เข้ากับเนื้อหาเรื่องต่อไปได้ แสดงว่าให้เห็นว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนไม่สามารถใช้ทักษะการคิดขั้นสูงได้ สังเกตได้จากการตอบคำถามภายในห้องเรียน

หรือจากการให้นักเรียนทำแผนผังความคิดหลังจากที่สอนจบในแต่ละหน่วยการเรียนรู้ ปรากฏว่า นักเรียนส่วนใหญ่ยังไม่สามารถสรุปมโนทัศน์ในเรื่องนั้น ๆ ได้ครบถ้วน อีกทั้งนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ส่วนใหญ่ต้องใช้ความรู้ในวิชาฟิสิกส์ในการสอบเข้าเรียนต่อในระดับมหาวิทยาลัย และจากการสัมภาษณ์นักเรียนทำให้ทราบว่ามีนักเรียนหลายคนไปเรียนพิเศษโดยจะเน้นการท่องจำและการคำนวณโดยใช้วิธีการลัด ทำให้นักเรียนขาดรายละเอียดต่าง ๆ ของเนื้อหา หรือมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน อีกทั้งเมื่อผู้สอนให้นักเรียนตอบปัญหาที่แตกต่างจากตัวอย่างที่อยู่ในเอกสารประกอบการสอน นักเรียนยังไม่สามารถเชื่อมโยงความรู้ได้ซึ่งเกิดจากการที่นักเรียนขาดการคิดวิเคราะห์หาองค์ประกอบและความสัมพันธ์ของเหตุการณ์ที่กำหนดกับสิ่งที่เรียนในห้องได้ ดังนั้น การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้น จึงเป็นหน้าที่ของครูผู้สอนที่จะใช้เทคนิคและวิธีการสอนที่จะช่วยปรับปรุงการเรียนการสอนให้มีประสิทธิภาพมากขึ้น เพื่อแก้ไขปัญหาพัฒนาให้ผู้เรียนเกิดความคิดที่แสดงออกถึงความเข้าใจโดยสรุปในแต่ละบทเรียนหรือเกิดมโนทัศน์ ซึ่งจะส่งผลให้นักเรียนเกิดความรู้และความเข้าใจในพื้นฐานของวิทยาศาสตร์ และเสริมสร้างกระบวนการคิดของนักเรียน

จากปัญหาดังกล่าวผู้วิจัยจึงสนใจที่จะใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับคำถามเชิงวิเคราะห์ เนื่องจากธรรมชาติของเนื้อหาเรื่อง ฟิสิกส์อะตอม มีความเป็นนามธรรม หากผู้เรียนไม่ฝึกกระบวนการคิดก็จะทำให้ผู้เรียนไม่สามารถสรุปมโนทัศน์ในเรื่องนี้ได้ โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) เป็นกระบวนการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางเน้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนตลอดเวลา กระตุ้นให้ผู้เรียนมีความสนใจต่อเรื่องที่เรียน ให้ผู้เรียนได้ฝึกถาม-ตอบ ฝึกสื่อสาร ฝึกนำเสนอ ฝึกวิเคราะห์และสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยครูเป็นผู้ควบคุมกิจกรรมที่เกิดขึ้น ให้คำปรึกษาชี้แนะ ซึ่งขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้จะแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอนประกอบด้วย ขั้นที่ 1 ขั้นสร้างความสนใจ หรือขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ซึ่งเป็นขั้นที่ครูใช้คำถามหรือกิจกรรมเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดความสงสัยหรือคำถามในเรื่องที่จะเรียนต่อไป ขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา เป็นการวางแผนกำหนดแนวทาง การสืบค้น ตั้งสมมติฐาน กำหนดทางเลือกที่อาจจะเป็นไปได้ของคำตอบ ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป เป็นขั้นที่นำเอาข้อมูลที่ค้นคว้ามาวิเคราะห์ผล แปลผล สรุปผลและนำเสนอข้อมูลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ ในขั้นนี้จะทำให้ผู้เรียนได้ฝึกทั้งการคิดวิเคราะห์และยังเกิดมโนทัศน์อีกด้วย ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ เป็นการนำความรู้เก่าและความรู้ใหม่ที่สร้างขึ้นมาเชื่อมโยงขั้นด้วยกัน ขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล เป็นขั้นการประเมินความรู้ที่ได้รับมาด้วยกระบวนการต่าง ๆ เช่น การทำแบบฝึกหัด การสอบย่อย หรือการสร้างชิ้นงาน ในขั้นนี้จะทำให้ครูผู้สอนรู้ว่าผู้เรียนมีความรู้มากน้อยเพียงใด สามารถนำไปประยุกต์ใช้ได้หรือไม่ (สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี [สสวท.], 2546) ซึ่งการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) สามารถทำให้นักเรียนเกิด

มโนทัศน์ได้ สอดคล้องกับงานวิจัยของ สิโรฒน์ บุญเลิศ (2555) ที่ได้ทำการศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนการสอน 5E ร่วมกับกลวิธีการสะท้อนอภิปัญญา พบว่า นักเรียนมีมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงขึ้นอีกด้วย

จากขั้นตอนในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) จะเห็นว่ามีการใช้คำถามในขั้นตอนการเรียนการสอน แสดงให้เห็นว่า การใช้คำถามมีบทบาทอย่างยิ่งต่อการจัดการเรียนการสอน สอดคล้องกับ อาภรณ์ ใจเที่ยง (2546, หน้า 182) ที่ว่า “การถามเป็นการกระตุ้นความคิดของผู้เรียน และการใช้คำถามอย่างมีประสิทธิภาพจะช่วยให้ผู้เรียนได้พัฒนาทักษะการคิดได้ดี” นอกจากการถามคำถามจะเป็นการกระตุ้นความคิดของผู้เรียน และเร้าให้ผู้เรียนเกิดความสนใจแล้ว การตั้งคำถามที่ดีจะช่วยให้ผู้เรียนพัฒนากระบวนการคิด การตีความ การไตร่ตรอง การถ่ายทอดความรู้ การคิดวิเคราะห์ ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนการสอน ทำให้ผู้เรียนร่วมกันเสนอความคิด และปรึกษาหารือกัน จนเกิดความเข้าใจและสามารถสรุปเป็นแนวคิดได้ และเสริมสร้างนิสัยการเรียนรู้ตลอดชีวิต (วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์, 2549, หน้า 179-182) เราจะเห็นว่าคำถามเป็นองค์ประกอบที่สำคัญอย่างยิ่งที่จะช่วยส่งเสริมกระบวนการคิดและพัฒนาการคิดในระดับสูงอีก คำถามเชิงวิเคราะห์เป็นคำถามที่มุ่งพัฒนากระบวนการคิดของผู้เรียนให้วิเคราะห์แยกแยะองค์ประกอบต่าง ๆ ของเรื่องราวที่เกิดขึ้น ถ้าผู้เรียนสามารถแยกแยะองค์ประกอบย่อยและหาความสัมพันธ์ของสิ่งนั้นได้จะทำให้ผู้เรียนเกิดองค์ความรู้หนึ่ง ๆ หรือเกิดมโนทัศน์ขึ้น จะเห็นว่านอกจากคำถามเชิงวิเคราะห์จะทำให้ผู้เรียนได้ฝึกทักษะการคิดแล้วยังทำให้ผู้เรียนเกิดมโนทัศน์อีกด้วย สอดคล้องกับแนวคิดที่ว่า “การจัดการเรียนการสอนที่ให้ผู้เรียนฝึกกระบวนการคิดซึ่งถือเป็นปัจจัยพื้นฐานที่สำคัญในการดำรงชีวิตอยู่ในสังคม ย่อมจะส่งผลต่อความสำเร็จในการใช้ชีวิตได้อย่างมีประสิทธิภาพ จึงเป็นเรื่องสำคัญที่ต้องพัฒนาผู้เรียนให้ตรงตามเป้าหมายของการศึกษาวิทยาศาสตร์ คือ มีความรู้ในวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี มีกระบวนการในการแสวงหาความรู้และนำวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีไปใช้ให้เป็นประโยชน์ต่อตนเองและสังคมได้” (Bybee, 1989) ซึ่งมีงานวิจัยที่สนับสนุนแนวคิดนี้ด้วยเช่น งานวิจัยของ มานิต พิทักษ์ (2553) ที่ศึกษาทักษะการคิดวิเคราะห์จากการอ่านของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ในวิชาภาษาไทย พบว่า ทักษะการคิดวิเคราะห์หลังจากเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้คำถามเชิงวิเคราะห์สูงกว่าก่อนเรียน และสุริสา ไวแสน (2555) ที่ได้ศึกษาทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้คำถามและผังมโนมติในเรื่อง สารละลายกรด-เบส พบว่าทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สูงกว่าก่อนเรียน โดยหลังเรียนนักเรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์อยู่ในระดับดี ร้อยละ 83.3 และระดับดีมาก

ร้อยละ 16.67 ซึ่งจะเห็นว่าการพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนสามารถใช้คำถามในการถ่ายทอดความรู้ออกมาได้

จากเหตุผลดังกล่าวผู้วิจัยจึงมีความสนใจที่จะใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ เพื่อพัฒนามโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ต่อไป

วัตถุประสงค์การวิจัย

1. เพื่อศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์
2. เพื่อศึกษาการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์

คำถามการวิจัย

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ส่งผลต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 อย่างไร
2. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ส่งผลต่อการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 อย่างไร

ประโยชน์ที่ได้รับจากการวิจัย

1. ได้แผนการจัดการเรียนรู้โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่จะช่วยพัฒนามโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน
2. นักเรียนสามารถนำความรู้เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม ไปประยุกต์ใช้ในการเรียนเนื้อหาวิชาอื่น ๆ ที่มีธรรมชาติของวิชาคล้ายกัน ต่อไปได้
3. เป็นแนวทางสาหรับครูผู้สอนกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์และกลุ่มสาระการเรียนรู้อื่น ๆ ในการพัฒนาการจัดการเรียนรู้โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คาถามเชิงวิเคราะห์ ไปปรับใช้ในกระบวนการเรียนการสอนของตนเอง

ขอบเขตของการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ ผู้วิจัยได้กำหนดขอบเขตการวิจัยไว้ดังนี้

1. กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี จำนวน 22 คน แบ่งเป็นชาย 9 คน และหญิง 13 คน เป็นห้องเรียนที่เน้นคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ โดยภาพรวมแล้วโรงเรียนนี้มีความพร้อมในทุกด้าน ทั้งด้านห้องเรียนและโสตทัศนูปกรณ์ต่าง ๆ ที่เอื้อต่อการสอนในรายวิชาดังกล่าว เช่น คอมพิวเตอร์ เครื่องฉายโปรเจคเตอร์ หรือกระดานไวท์บอร์ด หลอดสุญญากาศ แหล่งจ่ายไฟ เกรตติง ซึ่งมีให้ครูและนักเรียนได้ใช้อย่างครบครัน อีกทั้งโรงเรียนเป็นโรงเรียนประจำ ทำให้นักเรียนมีความใกล้ชิดกัน กิจวัตรประจำวันของนักเรียนจะคล้ายคลึงกัน สำหรับช่วงหลังเลิกเรียนนักเรียนสามารถค้นคว้าข้อมูลหรือเรียนเสริมได้หากนักเรียนต้องการความรู้และประสบการณ์เพิ่มเติม

2. ตัวแปรที่ศึกษา

2.1 ตัวแปรอิสระ คือ การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น(5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์

2.2 ตัวแปรตาม คือ มโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์

3. เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัย

เนื้อหาที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นเนื้อหาวิชา คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและฟิสิกส์ยุคใหม่ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม ในระดับชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยประกอบด้วยเนื้อหาย่อย ดังนี้

3.1 แบบจำลองอะตอมของโบร์

3.2 การแผ่รังสีของวัตถุดำ

3.3 การทดลองของฟรังซ์และเฮิร์ต

3.4 รังสีเอกซ์และกฎของแบรกส์

3.5 ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก

3.6 ปรากฏการณ์คอมป์ตัน

3.7 ทวิภาพของคลื่นและอนุภาค

4. ระยะเวลาที่ใช้ในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการในภาคการเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 ใช้เวลาในการทดลองทั้งหมด 14 ชั่วโมง ระยะเวลา 4 สัปดาห์ โดยผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการจัดการเรียนรู้และเก็บรวบรวมข้อมูลเอง

กรอบแนวคิดในการวิจัย

ในการวิจัยครั้งนี้ สามารถนำเสนอกรอบแนวคิดในการวิจัย ดังนี้

สภาพปัญหา

- นักเรียนไม่สามารถสรุปความคิดที่แสดงให้เห็นถึงความเข้าใจในเรื่องที่เรียนได้อาจเกิดจากตัวผู้เรียน เนื้อหาวิชาที่เพิ่มขึ้น หรือวิธีการสอนของครู
- เมื่อยกตัวอย่างสถานการณ์ที่แตกต่างออกไปจากเรื่องที่เรียนในห้องเรียนนักเรียนไม่สามารถวิเคราะห์องค์ประกอบต่าง ๆ ได้

แนวทางการแก้ปัญหา

หลักสูตรโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย สาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ทำให้นักเรียนเกิดการสร้างความรู้ด้วยตนเอง คิดและแก้ปัญหาโดยใช้หลักการทางวิทยาศาสตร์

การใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นใช้คำถามเพื่อให้นักเรียนวิเคราะห์เนื้อหา ให้นักเรียนค้นคว้าหาความรู้ แก้ปัญหาและสรุปแนวคิดหลักได้ด้วยตนเอง

ผลการแก้ปัญหา

ผลที่เกิด

- นักเรียนเกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
- นักเรียนสามารถคิดวิเคราะห์ได้

ภาพที่ 1-1 กรอบแนวคิดในการวิจัย

นิยามศัพท์เฉพาะ

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) หมายถึง การจัดการเรียนการสอนที่เน้นให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเองด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ภายใต้สถานการณ์ที่สร้างขึ้นหรือเหตุการณ์ที่ผู้เรียนเกิดความสนใจหรือสงสัยเพื่อให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ วิธีการและขั้นตอนในการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้แบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ เริ่มจากการใช้คำถามหรือสร้างสถานการณ์เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนสนใจ เกิดความสงสัย หรือเป็นการทวนความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนมาเพื่อเป็นการให้ผู้เรียนเกิดคำถามในเรื่องที่จะเรียนต่อไป

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) ขั้นตอนที่ให้นักเรียนค้นหาคำตอบของข้อสงสัยหรือประเด็นที่น่าสนใจ โดยนักเรียนจะเป็นผู้วางแผนเอง เพื่อกำหนดแนวทางในการค้นหาคำตอบของปัญหานั้น ตั้งแต่การตั้งสมมติฐาน การทดลอง การค้นคว้าจากเอกสารอ้างอิงหรือแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลเพื่อสนับสนุนแนวคิดของตน

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลจึงนำข้อมูลที่ได้มาทำการวิเคราะห์ แปลผล สรุปผล และนำเสนอผลในรูปแบบต่าง ๆ เช่น การทำผังความคิด การรายงานหน้าชั้นเรียน เป็นต้น

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่ผู้เรียนสร้างขึ้นเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือนำไปอธิบายกับสถานการณ์ใหม่ที่คล้าย ๆ กับสิ่งที่ได้ค้นพบ ซึ่งจะทำให้เกิดความรู้กว้างมากขึ้น

5. ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นที่ประเมินการเรียนรู้ของผู้เรียน ว่านักเรียนมีความรู้มากน้อยเพียงใด ได้รับความรู้อะไรบ้าง อย่างไร

2. การใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ที่มุ่งพัฒนากระบวนการทางความคิดของผู้เรียน โดยผู้สอนใช้คำถามถามผู้เรียนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนตลอดเวลาและใช้คำถามในการทำให้นักเรียนได้มาซึ่งความรู้ใหม่หรือนักเรียนเข้าใจและแยกแยะองค์ประกอบ เชื่อมโยงความสัมพันธ์ของความรู้เดิมและความรู้ใหม่ได้ และการใช้คำถามจะทำให้ให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิดวิเคราะห์ คำถามเชิงวิเคราะห์ มี 3 ประเภท คือ

1. คำถามวิเคราะห์ความสำคัญ ลักษณะเป็นคำถามที่ให้นักเรียนวิเคราะห์หาสาเหตุหรือจุดเริ่มต้นของเรื่องราวทั้งหมดที่เกิดขึ้นว่าเกิดขึ้นจากสาเหตุใด ผลลัพธ์เป็นเช่นไร

2. คำถามวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นคำถามที่ให้นักเรียนเชื่อมโยงความเกี่ยวข้องขององค์ประกอบย่อย ๆ ของเรื่องราว หรือเหตุการณ์นั้นว่าสัมพันธ์กันอย่างไร เหตุและผลมีความสอดคล้องหรือขัดแย้งกันอย่างไร

3. คำถามวิเคราะห์หลักการ เป็นคำถามให้นักเรียนวิเคราะห์ว่าเรื่องราวดังกล่าวนั้นมีหลักการใดสนับสนุนเหตุและผลนั้น

3. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ หมายถึง การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยใช้คำถามที่เน้นให้ผู้เรียนได้วิเคราะห์แยกแยะองค์ประกอบ หาความสัมพันธ์และวิเคราะห์ผลลัพธ์ที่เกิดขึ้นว่าสามารถใช้หลักการใดอธิบาย ซึ่งครูจะใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการคิด และกระตุ้นผู้เรียนตลอดเวลา รวมถึงครูควรจัดกิจกรรมการเรียนรู้ให้นักเรียนมีโอกาสได้ศึกษาและสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง และแสดงบทบาทเป็นผู้หาคำตอบและร่วมแสดงความคิดเห็น โดยคำถามที่ใช้เป็นคำถามนำไปสู่การฝึกกระบวนการคิดทางการเรียนรู้ด้านพุทธพิสัยตามรูปแบบของ บลูม คือ คำถามวิเคราะห์ความสำคัญ คำถามวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และคำถามวิเคราะห์หลักการ ซึ่งจะสอดแทรกคำถามไปในขั้นตอนการเรียนการสอนทั้ง 5 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Evaluation) เป็นขั้นที่นำนักเรียนเข้าสู่บทเรียน หรือเรื่องที่น่าสนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองตามความสงสัย หรือเกิดจากความสนใจของตัวผู้เรียนเอง

2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เป็นขั้นที่นักเรียนทำความเข้าใจกับประเด็นปัญหาที่นักเรียนสนใจ และเปิดโอกาสให้นักเรียนใช้แนวความคิดที่มีอยู่แล้ว มาจัดความสัมพันธ์กับประเด็นปัญหาเข้าเป็นหมวดหมู่

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เป็นขั้นที่นักเรียนได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบ จึงนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ หรือสรุปผล และนำเสนอผลที่ได้

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นขั้นที่นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการสำรวจและตรวจสอบ เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่มีอยู่ หรือเชื่อมโยงกับสถานการณ์ใหม่ที่ครูสร้างขึ้น

5. ขั้นประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นที่ประเมินว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้างและมีมากน้อยเพียงใด โดยให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นหรืออธิบายความรู้

ในระหว่างการจัดการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) มีการแทรกคำถามเชิงวิเคราะห์เข้าไปในทุกขั้นตอน โดยคำถามของผู้วิจัยที่ถามนักเรียนนั้น เป็นการถามเพื่อต้องการวัดความคิดภายในสมองของนักเรียนที่ได้รับจากการเรียน เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม ลักษณะคำถามจะเป็นคำถามที่ช่วยส่งเสริมคำตอบให้เป็นเหตุผล หรือช่วยส่งเสริมให้มีการอภิปรายหรือปฏิสัมพันธ์ระหว่างผู้เรียนกับผู้เรียนหรือผู้เรียนกับผู้สอน นอกจากนี้ยังช่วยส่งเสริมให้นักเรียนได้เชื่อมโยงความรู้เดิมกับสถานการณ์ใหม่ด้วย ผู้วิจัยจะใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ในทุกขั้นตอนของการสอน โดยคำถามที่นำไปใช้มี 3 ประเภท ดังนี้

1. คำถามวิเคราะห์ความสำคัญ ลักษณะเป็นคำถามที่ให้นักเรียนวิเคราะห์หาสาเหตุ หรือจุดเริ่มต้นของเรื่องราวทั้งหมดที่เกิดขึ้นว่าเกิดขึ้นจากสาเหตุใด ผลลัพธ์เป็นเช่นไร ยกตัวอย่าง เช่น ปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่ออัตราการแผ่รังสีของวัตถุดำ เป็นต้น

2. คำถามวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นคำถามที่ให้นักเรียนเชื่อมโยงความเกี่ยวข้อง ขององค์ประกอบย่อย ๆ ของเรื่องราว หรือเหตุการณ์นั้นว่าสัมพันธ์กันอย่างไร เหตุและผล มีความสอดคล้องหรือขัดแย้งกันอย่างไร ยกตัวอย่างเช่น ผิวของวัตถุที่มีลักษณะขรุขระทำให้วัตถุนั้นสามารถแผ่และดูดกลืนรังสีความร้อนได้ดีใช่หรือไม่ เป็นต้น

3. คำถามวิเคราะห์หลักการ เป็นคำถามให้นักเรียนวิเคราะห์ว่าเรื่องราวดังกล่าวนั้นมีหลักการใดสนับสนุนเหตุและผลนั้น ยกตัวอย่างเช่น สีของไส้หลอดไฟที่เปลี่ยนแปลงไปอย่างไร เมื่อค่อย ๆ เพิ่มกระแสไฟฟ้าเข้าไปยังขั้วหลอด เป็นต้น

4. การวิจัยเชิงปฏิบัติการ (Action research) หมายถึง กระบวนการศึกษาและการวิจัยที่ควบคู่ไปกับการจัดการเรียนการสอนของครูผู้สอน โดยครูผู้สอนเป็นผู้ดำเนินการศึกษาหาข้อมูล และปรับปรุงหรือพัฒนาการสอนไปพร้อมกับการปฏิบัติการสอน ซึ่งการวิจัยเชิงปฏิบัติการจะมุ่งเน้นในการแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในขณะที่มีการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน และมีขั้นตอนแบ่งออกเป็น 4 ขั้นตอน (PAOR) 3 วงจรอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง จำนวน 14 ชั่วโมง โดยมีขั้นตอนของวงจรดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 วางแผน (Plan)

เป็นขั้นที่วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการจัดการเรียนของครู นักเรียน เนื้อหาวิชา และบรรยากาศในการจัดการเรียนการสอน สังเกตจากชั้นเรียนที่ผู้วิจัยได้ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิคการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์

ขั้นตอนที่ 2 ปฏิบัติ (Act)

เป็นขั้นการนำเอาแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการพัฒนาข้อบกพร่องแล้วไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย โดยมีทั้งหมด 7 แผน ในแต่ละวงจรประกอบไปด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้ วงจรที่ 1 แผนจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 วงจรที่ 2 ใช้ แผนจัดการเรียนรู้ที่ 3 และ 4 และวงจรที่ 3 ใช้แผนจัดการเรียนรู้ที่ 5, 6 และ 7

ขั้นตอนที่ 3 สังเกต (Observe)

เป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นขณะดำเนินการสอนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งวงจรวิจัยหนึ่ง ๆ จะมีการสังเกตการณ์ เก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้เครื่องมือที่หลากหลาย อาจเก็บข้อมูลผู้เรียนเป็นรายบุคคลหรือเก็บข้อมูลผู้เรียนเป็นกลุ่มย่อย เครื่องมือที่ผู้วิจัยเลือกใช้ เช่น การใช้แบบทดสอบ การเขียนบันทึกหลังการสอนของครู บันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน และการสัมภาษณ์ เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 4 สะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

ข้อมูลจากขั้นการสังเกตนั้นจะมีทั้งข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลเชิงบรรยาย ซึ่งจะนำมาทำการสรุปและสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาแนวทางการแก้ไขและพัฒนาคุณภาพของการจัดการเรียนการสอนในวงจรต่อไป

5. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง กฎ หลักการ ทฤษฎี หรือแนวความคิดที่แสดงถึงความเข้าใจโดยสรุปต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่งของนักเรียน ซึ่งเกิดจากการสังเกตหรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นแล้วนำลักษณะต่าง ๆ มาประมวลเข้าด้วยกันแล้วสรุปเป็นความคิดของตนเองในเรื่องนั้น ๆ ซึ่งสามารถทำการวัดโดยใช้แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น ตามจุดประสงค์การเรียนรู้ ในวิชาคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและฟิสิกส์อะตอม เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม แล้วนำมาวิเคราะห์มโนทัศน์เป็นคะแนนรายข้อ

6. แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางฟิสิกส์ หมายถึง ข้อคำถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้น เพื่อใช้วัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ในวิชาคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและฟิสิกส์อะตอม เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม จำนวน 15 ข้อ ประกอบด้วยคำถาม 2 ส่วน โดยคำถามส่วนที่ 1 จะมีลักษณะเป็นปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก และส่วนที่ 2 จะมีลักษณะเป็นอัตนัย ซึ่งเป็นการให้บอกเหตุผลในการเลือกตอบตัวเลือกในข้อนั้น โดยข้อสอบที่เป็นอัตนัยจะมีเกณฑ์การให้คะแนนตามการจัดลำดับมโนทัศน์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี (2555) ซึ่งได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนไว้ ดังนี้

6.1 มโนทัศน์ที่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบถูก และให้เหตุผลประกอบครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด ให้ 3 คะแนน

6.2 มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบถูกและให้เหตุผลถูกต้องแต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนสำคัญของแต่ละมโนทัศน์ ให้ 2 คะแนน

6.3 มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน หมายถึง คำตอบถูกต้อง แต่การให้เหตุผลอธิบายมีบางส่วนถูกต้องและบางส่วนไม่ถูกต้อง ให้ 1 คะแนน

6.4 ความเข้าใจผิด หมายถึง คำตอบถูกหรือผิดแต่การให้เหตุผลไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

7. การคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะเพื่อหาส่วนย่อยของเหตุการณ์เรื่องราวหรือเนื้อหาต่าง ๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง เป็นการคิดโดยอาศัยองค์ความรู้ทางวิทยาศาสตร์มาใช้หาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้นเพื่อการตัดสินใจ หรือสรุปอย่างสมเหตุสมผล ซึ่งทำการวัดโดยใช้แบบทดสอบที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นครอบคลุมความสามารถของนักเรียน 3 ด้าน คือ

7.1 วิเคราะห์ความสำคัญ หมายถึง การแยกแยะสิ่งที่กำหนดมาให้ว่าอะไรสำคัญหรือจำเป็นหรือมีบทบาทที่สุด ตัวไหนเป็นเหตุ ตัวไหนเป็นผล

7.2 วิเคราะห์ความสัมพันธ์ หมายถึง การค้นหาว่าความสำคัญย่อย ๆ ของเรื่องราวหรือเหตุการณ์นั้นเกี่ยวพันกันอย่างไร สอดคล้องหรือขัดแย้งกันอย่างไร

7.3 วิเคราะห์หลักการ หมายถึง การค้นหาโครงสร้างและระบบของวัตถุ สิ่งของ เรื่องราว และการกระทำต่าง ๆ ว่าสิ่งเหล่านั้นรวมกันจนดำรงสภาพเช่นนั้นอยู่ได้เนื่องจากอะไร โดยยึดอะไรเป็นหลัก มีสิ่งใดเป็นตัวเชื่อมโยงยึดถือหลักการใด มีเทคนิคอย่างไรหรือยึดคติใด

8. แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ หมายถึง ข้อคำถามที่ผู้วิจัยสร้างขึ้นเพื่อใช้วัดการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน โดยแบบทดสอบมีลักษณะเป็นแบบปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ

บทที่ 2
เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

การวิจัยเรื่อง ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ที่มีต่อมโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง ดังนี้

1. หลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี
2. ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้
3. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)
4. การใช้คำถามเชิงวิเคราะห์
5. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
6. การคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์
7. การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน
8. งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

หลักสูตรสถานศึกษา โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี

วิสัยทัศน์

เป็นโรงเรียนที่จัดการศึกษาสำหรับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ทั้งในระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนต้นและตอนปลาย ในลักษณะของโรงเรียนประจำ เพื่อเป็นการกระจายโอกาสให้กับผู้มีความสามารถพิเศษที่มีกระจายอยู่ในทุกภูมิภาคของประเทศ และเพื่อเป็นการเพิ่มโอกาสให้กับนักเรียนกลุ่มด้อยโอกาสและขาดแคลนทุนทรัพย์ให้มีคุณภาพทัดเทียมกับโรงเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นนำของนานาชาติ ผู้เรียนมีจิตวิญญาณของการเป็นนักวิจัยและนักประดิษฐ์คิดค้น มีสุขภาพพลานามัยที่ดี มีคุณธรรม จริยธรรม รักการเรียนรู้ มีความเป็นไทย มีความมุ่งมั่นพัฒนาประเทศชาติมีเจตคติที่ดีต่อเพื่อนร่วมโลกและธรรมชาติ (หลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค ระดับชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย, 2558, หน้า 5-10)

พันธกิจ

ศึกษาค้นคว้า วิจัยพัฒนา และร่วมมือกับหน่วยงานต่าง ๆ ทั้งภาครัฐและเอกชน ทั้งในและต่างประเทศ เพื่อดำเนินการบริหารและจัดการศึกษาในระดับมัธยมศึกษาทั้งตอนต้นและตอนปลายที่มุ่งเน้นความเป็นเลิศ ด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ ในลักษณะของโรงเรียนประจำ

สำหรับนักเรียนที่มีความสามารถพิเศษด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ในภูมิภาค เพื่อเป็นการกระจายโอกาสให้กับผู้มีความสามารถพิเศษที่มีกระจายอยู่ในทุกภูมิภาคของประเทศ และเพื่อเป็นการเพิ่มโอกาสให้กับนักเรียนกลุ่มด้อยโอกาสและขาดแคลนทุนทรัพย์

อุดมการณ์และเป้าหมายในการพัฒนานักเรียน

อุดมการณ์และเป้าหมายในการพัฒนานักเรียนของโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค จะใช้อุดมการณ์และเป้าหมายเดียวกับการพัฒนานักเรียนของโรงเรียนมหิดลวิทยานุสรณ์ ดังนี้

1 เห็นคุณค่าของตนเอง มีวินัยในตนเอง ปฏิบัติตามหลักธรรมของพระพุทธศาสนาหรือศาสนาที่ตนนับถือ มีคุณธรรม จริยธรรม มีบุคลิกภาพที่ดีและมีความเป็นผู้นำ

2. มีความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับหลักการพื้นฐานด้านคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์อย่างลึกซึ้ง เทียบมาตรฐานสากลในระดับเดียวกัน

3. มีความคิดริเริ่มสร้างสรรค์ มีจิตวิญญาณของความเป็นนักวิจัย นักประดิษฐ์ นักคิดค้นและนักพัฒนาด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี เทียบมาตรฐานสากลในระดับเดียวกัน

4. รักการเรียนรู้ รักการอ่าน รักการเขียน รักการค้นคว้าอย่างเป็นระบบ มีความรอบรู้รู้รอบและสามารถบูรณาการความรู้ได้

5. มีความรู้และทักษะการใช้ภาษาต่างประเทศและเทคโนโลยีสารสนเทศได้อย่างมีประสิทธิภาพ เทียบมาตรฐานสากลในระดับเดียวกัน

6. มีจิตสำนึกในเกียรติภูมิของความเป็นไทย มีความเข้าใจและภูมิใจในประวัติศาสตร์ของชาติ มีความรักและความภาคภูมิใจในชาติบ้านเมืองและท้องถิ่น เป็นพลเมืองดี ยึดมั่นในการปกครองระบอบประชาธิปไตยอันมีพระมหากษัตริย์เป็นประมุข

7. มีจิตสำนึกในการอนุรักษ์ภาษาไทย ศิลปวัฒนธรรมไทย ประเพณีไทยและภูมิปัญญาไทย ตลอดจนอนุรักษ์ทรัพยากรธรรมชาติและสิ่งแวดล้อม มีเจตคติที่ดีต่อเพื่อนร่วมโลกและธรรมชาติ

8. มีจิตมุ่งที่จะทำประโยชน์และสร้างสิ่งที่ดีงามให้กับสังคม มีความรับผิดชอบต่อสังคมต้องการตอบแทนบ้านเมืองตามความสามารถของตนอย่างต่อเนื่อง

9. มีสุขภาพอนามัยที่ดี รักการออกกำลังกาย รู้จักดูแลตนเองให้เข้มแข็งทั้งกายและใจ

ทั้งนี้ เพื่อพัฒนาไปสู่ความเป็นนักวิจัย นักประดิษฐ์คิดค้น ด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยีที่มีความสามารถระดับสูงเยี่ยมเทียบเคียงกับนักวิจัยชั้นนำของนานาชาติ และมีจิตวิญญาณ มุ่งมั่นพัฒนาประเทศชาติ มีเจตคติที่ดีต่อเพื่อนร่วมโลกและธรรมชาติ สามารถสร้างองค์ความรู้ด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์ และเทคโนโลยี ให้กับประเทศชาติ และสังคมไทยใน

อนาคต ช่วยพัฒนาประเทศชาติ ให้สามารถดำรงอยู่และแข่งขันได้ในประชาคมโลก เป็นสังคมผู้ผลิตที่มีมูลค่าเพิ่มมาก

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียนการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนและกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนตามหลักสูตรฉบับนี้มุ่งเน้นเพื่อพัฒนาผู้เรียน ให้มีสมรรถนะหรือความสามารถด้านต่าง ๆ ดังต่อไปนี้

1. ความสามารถในการสื่อสาร มีความสามารถในการรับและส่งสาร มีวัฒนธรรมในการใช้ภาษาสามารถถ่ายทอดความคิด ความรู้ความเข้าใจ ความรู้สึกและทัศนะของตนเอง เพื่อแลกเปลี่ยนข้อมูลข่าวสารและประสบการณ์ อันจะเป็นประโยชน์ต่อการพัฒนาตนเองและสังคม รวมทั้งการเจรจาต่อรอง เพื่อขจัดและลดปัญหาความขัดแย้งต่าง ๆ มีความสามารถในการเลือกรับหรือไม่รับข้อมูลข่าวสารด้วยหลักเหตุผลและความถูกต้อง ตลอดจนการเลือกใช้วิธีการสื่อสารที่มีประสิทธิภาพโดยคำนึงถึงผลกระทบที่จะมีต่อตนเองและสังคม

2. ความสามารถในการคิด มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ คิดสังเคราะห์ คิดสร้างสรรค์ คิดอย่างมีวิจารณญาณและคิดอย่างเป็นระบบ เพื่อนำไปสู่การสร้างองค์ความรู้หรือสารสนเทศเพื่อการตัดสินใจเกี่ยวกับตนเองและสังคมได้อย่างเหมาะสม

3. ความสามารถในการแก้ปัญหา มีความสามารถในการแก้ปัญหาและเผชิญปัญหาได้อย่างถูกต้องเหมาะสม บนพื้นฐานของหลักเหตุผล หลักคุณธรรม บนข้อมูลสารสนเทศต่าง ๆ เข้าใจความสัมพันธ์และการเปลี่ยนแปลงของเหตุการณ์ต่าง ๆ ในสังคม สามารถแสวงหาความรู้ และประยุกต์ความรู้เพื่อใช้ในการป้องกันและแก้ไขปัญหา มีการตัดสินใจที่มีประสิทธิภาพ โดยคำนึงถึงผลกระทบที่เกิดขึ้นต่อตนเอง สังคมและสิ่งแวดล้อม

4. ความสามารถในการใช้ทักษะชีวิต มีความสามารถในการเรียนรู้ด้วยตนเอง เรียนรู้อย่างต่อเนื่อง มีทักษะในการดำรงชีวิต ทักษะการทำงาน และทักษะในการอยู่ร่วมกันในสังคม ทักษะการสร้างเสริมความสัมพันธ์อันดีระหว่างบุคคล สามารถจัดการปัญหาและความขัดแย้งต่าง ๆ ได้อย่างเหมาะสมสามารถปรับตัวให้ทันกับการเปลี่ยนแปลงของสังคม และสภาพแวดล้อม และรู้จักหลีกเลี่ยงการแสดงพฤติกรรมไม่พึงประสงค์ที่จะส่งผลกระทบต่อตนเองและผู้อื่น

5. ความสามารถในการใช้เทคโนโลยี มีความสามารถในการเลือกและใช้เทคโนโลยีด้านต่าง ๆ อย่างเหมาะสม ทั้งเพื่อการเรียนรู้ การสื่อสาร การทำงานและการแก้ปัญหาได้อย่างสร้างสรรค์ ถูกต้องเหมาะสมและมีคุณธรรม

6. ความสามารถในการทำงานเป็นทีม มีความสามารถในการเป็นทั้งผู้นำและผู้ตามที่ดี รู้จักบทบาทและหน้าที่ของตนเอง สามารถปรับตัวเข้ากับสถานการณ์ใหม่ ๆ และสิ่งแวดล้อมใหม่ ๆ

ได้สามารถทำงานร่วมกับผู้อื่นได้ รู้จักสังเกตคนรอบข้างและเพื่อนร่วมงาน รู้จักใช้จุดดีและจุดแข็งของแต่ละคนให้เป็นประโยชน์ได้ สามารถบริหารความขัดแย้งได้ มีจิตวิทยาในการทำงานร่วมกับคนอื่น

7. ความสามารถในการใช้ภาษาอังกฤษ สามารถใช้ภาษาอังกฤษในการค้นคว้าหาความรู้ การเรียน การประชุมสัมมนา การเจรจาต่อรองและการทำงานร่วมกับชาวต่างชาติได้อย่างคล่องแคล่ว มีประสิทธิภาพสมวัย ทั้งด้านการพูด การอ่าน และการเขียน

8. ความสามารถในการใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ สามารถใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เพื่อหาคำตอบของปัญหาหรือสร้างองค์ความรู้ หรือประดิษฐ์คิดค้นสิ่งต่าง ๆ ด้านคณิตศาสตร์ วิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี ได้อย่างชำนาญและสร้างสรรค์

คุณลักษณะอันพึงประสงค์

โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคได้กำหนดเป้าหมายในการพัฒนาคุณลักษณะอันพึงประสงค์ของนักเรียนของโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี ไว้ดังนี้

1. มีความรักชาติ ศาสน์ กษัตริย์
2. มีความภูมิใจในความเป็นไทยและศิลปวัฒนธรรมไทย
3. มีจิตสาธารณะและมีอุดมการณ์มุ่งมั่นในการพัฒนาประเทศ
4. มีวินัยและมีความซื่อสัตย์สุจริต
5. มุ่งมั่นในการทำงานและดำรงชีวิตอยู่อย่างพอเพียง
6. ใฝ่เรียน ใฝ่รู้ รักการอ่านและการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง
7. เห็นคุณค่าของการเรียนรู้จากการปฏิบัติทดลองจริง
8. เห็นคุณค่าและความสำคัญของการวิจัยและการประดิษฐ์คิดค้น
9. มีจิตใจเปิดกว้าง เชื่อในเหตุผล เปลี่ยนแปลงความคิดเห็นของตนเองได้ตามข้อมูลและหลักฐานใหม่ที่ได้รับ
10. รักและเห็นคุณค่าของการออกกำลังกาย

จุดเน้นของหลักสูตรโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค

หลักสูตรระดับมัธยมศึกษาตอนปลายพุทธศักราช 2554 ของโรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาคฉบับนี้ มีจุดเน้นในการจัดทำดังนี้

1. เน้นการพัฒนานักเรียนรอบด้านทั้งพุทธิศึกษา จริยศึกษา พลศึกษา และหัตถศึกษา
2. สาระการเรียนรู้ในรายวิชาพื้นฐาน เน้นการจัดให้สอดคล้องกับความสามารถของนักเรียนเป็นรายบุคคล และให้ครอบคลุมหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐานพุทธศักราช 2551 ของกระทรวงศึกษาธิการ

3. รายวิชาเพิ่มเติม เน้นการจัดให้มีความหลากหลายสอดคล้องกับศักยภาพ ความถนัด และความสนใจของนักเรียนเป็นรายบุคคล เปิดโอกาสให้นักเรียนสามารถเลือกเรียนรายวิชาเพิ่มเติมจากสถาบันอุดมศึกษา ศูนย์วิจัย และสถานประกอบการภายนอกโรงเรียนทั้งในและต่างประเทศได้ตามศักยภาพ ความถนัด และความสนใจ เปิดโอกาสให้สามารถเทียบโอนความรู้ได้

4. เน้นการพัฒนาทักษะการใช้ภาษาอังกฤษ และทักษะการใช้เทคโนโลยีสารสนเทศให้มีศักยภาพระดับเดียวกับนักเรียนของโรงเรียนวิทยาศาสตร์ชั้นนำของนานาชาติ

5. เน้นการจัดกิจกรรมพัฒนาผู้เรียนที่หลากหลายทั้งภายในและภายนอกโรงเรียนเพื่อพัฒนานักเรียนให้มีคุณลักษณะอันพึงประสงค์ตามอุดมการณ์และเป้าหมายในการพัฒนานักเรียนของโรงเรียน

6. เน้นการส่งเสริมการประดิษฐ์คิดค้น ความคิดริเริ่มสร้างสรรค์และการทำโครงงาน

คำอธิบายรายวิชาฟิสิกส์เพิ่มเติม รหัสวิชา ว30204 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและฟิสิกส์ยุคใหม่ ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี

ศึกษาหลักการคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของแมกซ์เวลล์ การเกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และสเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ศึกษาเกี่ยวกับธรรมชาติของแสง คลื่นแสง การสะท้อนและการหักเห การแทรกสอดและการเลี้ยวเบนของแสง การบวกเฟสเซอร์ของคลื่น หาความยาวคลื่นแสงโดยใช้เกรตติง การเปลี่ยนเฟสเนื่องจากการสะท้อน การแทรกสอดในฟิล์มบาง วงแหวนของนิวตัน ปรากฏการณ์โพลาไรซ์ การหักเหสองแนว การกระเจิงของแสง การเกิดรุ้ง การเห็นสีของวัตถุ การผสมสารสี การผสมแสงสี สมบัติของแผ่นกรองแสงสี กฎการสะท้อนของแสง กฎการหักเหของแสง การสะท้อนกลับหมดของแสง สมบัติเชิงเรขาคณิตของแสงเมื่อสะท้อนบนกระจกเงาราบ กระจกเงาโค้ง การหักเหของแสงเมื่อผ่านเลนส์ชนิดต่าง ๆ เลนส์บาง ทัศนูปกรณ์และนำนำความรู้เรื่องเลนส์ไปอธิบายการทำงานของทัศนูปกรณ์ต่าง ๆ ศึกษาการค้นพบอิเล็กตรอน ทฤษฎีอะตอมของดอลตัน แบบจำลองอะตอมของทอมสัน แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ท สเปกตรัมจากอะตอมของแก๊ส การแผ่รังสีของวัตถุดำ ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก การทดลองของฟรังซ์และเฮิร์ต กฎของแบรกก์ ปรากฏการณ์คอมป์ตัน สมมติฐานของเดอบรอยด์ ทวิภาพของคลื่นและอนุภาค หลักความไม่แน่นอนของไฮเซนเบิร์ก กลศาสตร์ควอนตัมเบื้องต้น เลเซอร์ ตัวนำ กึ่งตัวนำ และฉนวน ศึกษาการค้นพบกัมมันตภาพรังสี การเปลี่ยนสภาพของนิวเคลียส องค์ประกอบของนิวเคลียส การสลายของนิวเคลียสกัมมันตรังสี ไอโซโทป แรงนิวเคลียร์ พลังงานยึดเหนี่ยว ปฏิกิริยานิวเคลียร์ ประโยชน์ของกัมมันตภาพรังสีในธรรมชาติ อันตรายจากกัมมันตภาพรังสีและการป้องกัน เพื่อให้มีความรู้ ความเข้าใจ มีทักษะกระบวนการ เจตคติและเห็นคุณค่าของวิทยาศาสตร์ สามารถใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยา

ในการสืบเสาะหาความรู้และการแก้ปัญหามีความสามารถในการสื่อสาร นำความรู้และหลักการไปใช้อธิบายปรากฏการณ์หรือแก้ปัญหาเกี่ยวกับคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า คลื่นแสง ฟิสิกส์อะตอม ฟิสิกส์ควอนตัม และฟิสิกส์นิวเคลียร์

ผลการเรียนรู้ที่คาดหวัง

1. อธิบายหลักการเกิดคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า การแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าได้

2. สืบค้นข้อมูลและนำเสนอเกี่ยวกับสเปกตรัมคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและการนำไปใช้ประโยชน์ได้

3. อธิบายปรากฏการสะท้อนของแสง กฎการหักเหของแสง การสะท้อนกลับหมดของแสงผ่านตัวกลางคู่หนึ่งพร้อมทั้งคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้

4. อธิบายสมบัติเชิงเรขาคณิตของแสงเมื่อสะท้อนบนกระจกเงาราบ กระจกเงาโค้ง คำนวณหาปริมาณต่างๆที่เกี่ยวข้องเมื่อกำหนดสถานการณ์ให้ได้

5. คำนวณหาความสัมพันธ์ของการหักเหของแสงเมื่อผ่านเลนส์ชนิดต่าง ๆ เมื่อกำหนดสถานการณ์ต่าง ๆ ให้ได้

6. อธิบายการเห็นสีของวัตถุ การผสมสารสีและแสงสี สมบัติของแผ่นกรองแสงสีได้

7. บอกความหมายและหาความสัมพันธ์ของการให้พลังงานแสงกับความสว่างบนพื้นที่รับแสง คำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้

8. ทำกิจกรรมเกี่ยวกับทัศนูปกรณ์และนำความรู้เรื่องเลนส์ไปอธิบายการทำงานของทัศนูปกรณ์ต่าง ๆ ได้

9. อธิบายเกี่ยวกับธรรมชาติของแสงและทำการทดลองเพื่อศึกษาสมบัติการเลี้ยวเบนและการแทรกสอดของแสง และคำนวณปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องได้

10. อธิบายการแทรกสอดของคลื่นผ่านจากแหล่งกำเนิดอำพันธ์หลายแหล่งด้วยการบวกเฟสเซอร์ของคลื่นได้

11. อธิบายการเปลี่ยนเฟสเนื่องจากการสะท้อนโดยใช้กระจกเงาของลอยด์ได้

12. อธิบายการแทรกสอด ผลของการแทรกสอดในฟิล์มบางคำนวณหาปริมาณต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องเมื่อกำหนดสถานการณ์ให้ได้

13. ทำการทดลองและอธิบายวงแหวนของนิวตันได้

15. อธิบายปรากฏการณ์โพลาไรซ์ การกระเจิงของแสงและการเกิดรุ้งได้

16. อธิบายการหักเหสองแนวผ่านตัวกลางอสมลักษณ์ได้

17. อธิบายทฤษฎีอะตอมของดอลตัน การค้นพบอิเล็กตรอน แบบจำลองอะตอมของทอมสัน แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ท และความไม่สมบูรณ์ของแบบจำลองแต่ละแบบได้

18. ทำการทดลองศึกษาความยาวคลื่นของสเปกตรัมเส้นสว่างจากอะตอมของแก๊สได้

19. อธิบายการแผ่รังสีของวัตถุดำและสมมติฐานของพลังค์ กฎการกระจัดของวีน และกฎของสเตฟาน-โบล์ทซ์มาน และนำไปแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้

20. ทำการทดลองศึกษาปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก และประยุกต์ใช้สมการโฟโตอิเล็กทริกในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้

21. อธิบายแบบจำลองอะตอมไฮโดรเจนตามทฤษฎีอะตอมของโบร์ และความไม่สมบูรณ์ของทฤษฎีอะตอมของโบร์ และประยุกต์ใช้ทฤษฎีอะตอมของโบร์ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้

22. อธิบายการทดลองของฟรังซ์และเฮิร์ตได้

23. อธิบายการค้นพบรังสีเอกซ์ สมบัติของรังสีเอกซ์ การเกิดรังสีเอกซ์ต่อเนื่อง และรังสีเอกซ์เฉพาะตัวได้

24. อธิบายประโยชน์และโทษของรังสีเอกซ์ และประยุกต์ใช้กฎของแบรกก์ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้

25. อธิบายปรากฏการณ์คอมป์ตัน และคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องได้

26. อธิบายสมมติฐานของเดอบรอยล์และคำนวณความยาวคลื่นของเดอบรอยล์จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้

27. อธิบายทวิภาพของคลื่นและอนุภาคได้

28. อธิบายหลักความไม่แน่นอนของไฮเซนเบิร์กและคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องได้

29. อธิบายหลักการเกิดเลเซอร์ได้

30. จำแนกตัวนำ กึ่งตัวนำ ฉนวนโดยใช้ทฤษฎีแถบพลังงาน

31. อธิบายการค้นพบกัมมันตภาพรังสี การเปลี่ยนสภาพนิวเคลียส และการสลายของนิวเคลียสกัมมันตรังสีได้

32. ทำการทดลองการทอดลูกเต๋าเพื่อเปรียบเทียบกับการสลายของธาตุกัมมันตรังสีได้

33. อธิบายการค้นพบกัมมันตภาพ ครึ่งชีวิต และคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องได้

34. อธิบายองค์ประกอบของนิวเคลียส ไอโซโทป และจำแนกมวลของไอโซโทปได้

35. อธิบายแรงนิวเคลียร์ พลังงานยึดเหนี่ยวของนิวเคลียส เสถียรภาพของนิวเคลียสและคำนวณหาพลังงานยึดเหนี่ยวของนิวเคลียสได้

36. อธิบายและเขียนสมการปฏิกิริยานิวเคลียร์ฟิชชัน นิวเคลียร์ฟิวชัน และคำนวณหาพลังงานของปฏิกิริยานิวเคลียร์ได้

37. สืบค้นข้อมูลและอธิบายประโยชน์ของกัมมันตรังภาพรังสีและพลังงานนิวเคลียร์ กัมมันตภาพรังสีในธรรมชาติ อันตรายจากกัมมันตภาพรังสีและการป้องกันได้

สาระสำคัญเรื่อง ฟิสิกส์อะตอม ที่ผู้วิจัยใช้ในการวิจัยมีดังต่อไปนี้

วัตถุดำเป็นวัตถุในอุดมคติ คือเป็นวัตถุที่สามารถดูดกลืนรังสีและเปล่งรังสีได้อย่างสมบูรณ์ มีนักวิทยาศาสตร์หลายท่านที่ได้ศึกษาเกี่ยวกับการแผ่รังสีของวัตถุดำเช่น สเตฟาน พลังค์ โดยการทดลองของพลังค์สามารถสรุปได้คือ อะตอมที่สั่นสามารถดูดกลืนและปล่อยพลังงานออกมาอย่างไม่ต่อเนื่องซึ่งเป็นจุดกำเนิดของทฤษฎีควอนตัม ซึ่งก่อนหน้านั้นมีการทดลองของนักวิทยาศาสตร์หลายท่านสรุปได้คือ กฎการกระจัดของวีน และกฎสเตฟาน-โบล์ทซ์มาน เป็นการอธิบายสเปกตรัมการแผ่รังสีของวัตถุดำโดยใช้กลศาสตร์แผนเดิมและทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งให้ค่าที่ตรงกับผลการทดลองในช่วงความยาวคลื่นสูง ๆ แต่ความยาวคลื่นต่ำไม่สามารถอธิบายได้

ไอน์สไตน์ (Einstein) ได้อธิบายเกี่ยวกับปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก โดยเสนอทฤษฎีเกี่ยวกับโฟโตอิเล็กตรอนว่า เมื่อแสงซึ่งมีลักษณะเป็นอนุภาคที่ประกอบด้วยก้อนพลังงานเล็ก ๆ ที่เรียกว่า โฟตอน (Photon) โดยโฟตอนแต่ละก้อนจะมีพลังงานเท่ากับ hv เมื่อโฟตอนตกกระทบโลหะ พลังงาน hv ของโฟตอนจะถ่ายให้กับอิเล็กตรอนในโลหะลักษณะตัวต่อตัว และในการที่อิเล็กตรอนจะหลุดจากอะตอมของผิวโลหะได้นั้น อิเล็กตรอนจะต้องได้รับพลังงานจากโฟตอนอย่างน้อยเท่ากับค่าฟังก์ชันงาน (Work function) ซึ่งเป็นพลังงานยึดเหนี่ยวอิเล็กตรอนไว้กับอะตอมนั้น ถ้าพลังงานที่ได้รับมากกว่าค่าฟังค์ชันงาน พลังงานส่วนที่เหลือจะปรากฏเป็นพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอน

โบร์ได้ศึกษาแบบจำลองอะตอมโดยนำแบบจะลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ทมาแก้ไข ทำการศึกษาสเปกตรัมการเปล่งแสงของธาตุโดยบรรจุแก๊สไฮโดรเจนในหลอดปล่อยประจุ จากนั้นจึงให้พลังงานเข้าไป ผลการทดลองพบว่า อิเล็กตรอนเคลื่อนที่จากขั้วบวกไปยังขั้วลบแล้วชนกับแก๊สไฮโดรเจน อิเล็กตรอนเกิดการเปลี่ยนระดับพลังงานจากวงโคจรสูงไปวงโคจรต่ำ พร้อมทั้งคายพลังงานในรูปแสงสีต่าง ๆ ทำให้เกิดการเปล่งแสงของธาตุไฮโดรเจน ซึ่งแบบจำลองอะตอมของโบร์สามารถสรุปได้ว่า อิเล็กตรอนจะอยู่กันเป็นชั้น ๆ แต่ละชั้นเรียกว่าระดับพลังงาน อิเล็กตรอนที่อยู่ใกล้นิวเคลียสจะเสถียรมากเพราะมีประจุบวกจากนิวเคลียสดึงดูด การเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเล็กตรอน ไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนในระดับถัดกัน สามารถเปลี่ยนข้ามระดับพลังงานได้

การทดลองของฟรังซ์และเฮิร์ตเป็นการทดลองที่สนับสนุนทฤษฎีอะตอมของโบร์ โดยทดลองให้อิเล็กตรอนวิ่งด้วยพลังงานจลน์เข้าชนกับอะตอมของปรอท เขาสังเกตพบว่า ถ้าพลังงานน้อยกว่า 4.9 eV อิเล็กตรอนจะไม่เสียพลังงานจลน์เลย และถ้าเพิ่มพลังงานจลน์ไปถึงประมาณ 5 eV อิเล็กตรอนจะถ่ายเทพลังงานประมาณ 4.9 eV ถ้าเพิ่มพลังงานจลน์ขึ้นไปอีก

การถ่ายเทพลังงานก็ยังเป็น 4.9 eV จึงสรุปได้ว่าอะตอมพลังงานของอะตอมปรอท มีลักษณะเป็นระดับชั้นที่ไม่ต่อเนื่องและจากทฤษฎีของโบร์ เมื่ออิเล็กตรอนในอะตอมของปรอทลดระดับพลังงานมายังระดับพื้นจะต้องให้โฟตอนที่มีพลังงานเท่ากับ 4.9 eV ซึ่งจากการทดลองปรากฏว่า วัดความยาวคลื่นแสงที่เปล่งออก มาจากไอปรอทได้แสงมีความยาวคลื่น 253.5 นาโนเมตร ตรงกับพลังงาน 4.9 eV พอดี

วิลเฮล์ม เรินท์เกน ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับรังสีแคโทด และสังเกตเห็นว่ามีการแผ่รังสีที่มีอำนาจทะลุสูง รังสีที่เกิดเดินทางเป็นเส้นตรงไม่เบี่ยงเบนในสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก เรินท์เกนจึงตั้งชื่อให้รังสีนี้ว่า รังสีเอกซ์ ซึ่งมี 2 ประเภท คือ รังสีเอกซ์ต่อเนื่อง และรังสีเอกซ์เฉพาะตัว

Laue ได้ทดลองฉายรังสีเอกซ์ไปยังผลึกของสาร พบว่า รังสีเอกซ์ให้การเลี้ยวเบนมีตำแหน่งที่มีความเข้มสูงที่มุมเพียงบางมุมเท่านั้น ซึ่งการเลี้ยวเบนเป็นสมบัติของคลื่น จึงสรุปว่า รังสีเอกซ์เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า และแบรกส์ก็ได้ศึกษาการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ในผลึก พบว่า รังสีเอกซ์ที่ตกกระทบอะตอมในผลึกจะเกิดการกระเจิง และรังสีเอกซ์ที่กระเจิงจะเหมือนคลื่นสะท้อน และรวมกันเกิดริ้วการแทรกสอด การแทรกสอดเสริมกันของรังสีจะเกิดที่มุมซีต้า (θ) เพียงบางมุมที่ทำให้ทางเดินของลำรังสีต่างกันเป็นจำนวนเต็มของความยาวคลื่นเท่านั้น และแบรกส์ได้สร้างสมการอธิบายการเลี้ยวเบนรังสีของคลื่น เรียกว่า “สมการของแบรกส์” (Bragg' s equation) คือ

$$2d\sin\theta = n\lambda$$

โดยที่ λ = ความยาวคลื่นของคลื่นอิเล็กตรอน

d = ระยะระหว่างระนาบของอะตอมในผลึก

n = 1, 2, 3,….แสดงลำดับการเกิดการเสริมกัน

คอมป์ตัน ได้ทำการทดลองฉายรังสีเอกซ์โดยใช้ความยาวคลื่นเดียวไปยังแท่งกราไฟต์ แล้ววัดความยาวคลื่นของรังสีเอกซ์ที่กระเจิงออกมาที่มุมต่าง ๆ กับแนวเดิม พบว่า รังสีเอกซ์ที่กระเจิงออกมาจะมีความยาวคลื่น 2 ประเภทคือ ประเภทหนึ่งจะมีความยาวคลื่นเท่าเดินและอีกประเภทจะมีความยาวคลื่นยาวกว่าเดิม ซึ่งขึ้นอยู่กับมุมที่กระเจิง ถ้ากระเจิงจากแนวเดิมมากก็จะมีความยาวคลื่นมากกว่าเดิมมาก เรียกปรากฏการณ์นี้ว่า ปรากฏการณ์คอมป์ตัน สมการที่ใช้หาความยาวคลื่นที่เปลี่ยนไปคือ

$$\Delta\lambda = \lambda_2 - \lambda_1 = \frac{h}{m_0 c}(1-\cos\phi)$$

เมื่อ $\Delta\lambda$ = ความยาวคลื่นที่เปลี่ยนไป

ϕ = มุมกระเจิง

c = ความเร็วแสงในสุญญากาศ มีค่าเท่ากับ $3\text{x}10^8$ เมตรต่อวินาที

m_0 = มวลของอิเล็กตรอน

h = ค่าคงที่ของพลังค์มีค่าเท่ากับ $6.626\text{x}10^{-34}$ J·s

แสงในสภาพทั่วไปจะแสดงคุณสมบัติความเป็นคลื่นออกมาเช่น การเลี้ยวเบนของแสง การแทรกสอดของแสง นอกจากนี้ไอน์สไตน์ยังพบว่า แสงสามารถแสดงคุณสมบัติเป็นอนุภาคได้ โดยใช้ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกอธิบายพฤติกรรมของคุณสมบัติดังกล่าว ต่อมาเดอบรอยล์ จึงมีความคิดว่า เมื่อแสงแสดงคุณสมบัติอนุภาคได้อนุภาคก็น่าจะแสดงคุณสมบัติเป็นคลื่นได้เช่นกัน ความยาวคลื่นของเดอบรอยล์หาได้จาก

$$\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$$

แสงมีสมบัติเป็นได้ทั้งคลื่นและอนุภาค ดังนั้น De Broglie จึงใช้สมบัติคลื่นของอนุภาคอธิบายเหตุผลของสมมติฐานข้อ 2 ของโบร์ เกี่ยวกับโครงสร้างอะตอม De Broglie จึงอธิบายเหตุผลของการที่อิเล็กตรอนในอะตอมไฮโดรเจนวิ่งวนรอบนิวเคลียสได้โดยไม่แผ่พลังงานนั้นเนื่องมาจากอิเล็กตรอนเป็นคลื่นและโดยเหตุที่อิเล็กตรอนอยู่ในภาวะที่มีพลังงานคงที่ในวงโคจรพิเศษหนึ่ง ๆ ฉะนั้นคลื่นอิเล็กตรอนในวงโคจรนั้น ๆ ควรเป็นคลื่นนิ่ง (Standing wave) โดยมีเส้นรอบวงของแต่ละวงโคจรเป็นจำนวนเต็มของความยาวคลื่น นั่นคือ

$$2\pi r = n\lambda = \frac{nh}{mv} \quad \text{หรือ} \quad mvr = \frac{nh}{2\pi} = n\hbar$$

วิชากลศาสตร์ควอนตัมมีพื้นฐานมาจากความเป็นทวิภาพของคลื่นและอนุภาค คือ คลื่นอาจแสดงสมบัติเสมือนเป็นอนุภาคดังนั้นอนุภาคแสดงสมบัติเสมือนเป็นคลื่นได้เช่นกัน โดยไฮเซนเบิร์ก ได้ตั้งหลักความไม่แน่นอนของไฮเซนเบิร์กขึ้นโดยมีใจความว่า ในการวัดปริมาณใด ๆ ก็ตามจะเกิดความไม่แน่นอนในการวัดเสมอ ซึ่งอาจเกิดจากผู้วัด เครื่องมือวัด หรือวิธีการวัด โดยความไม่แน่นอนของการวัดตำแหน่งและโมเมนตัมจะสัมพันธ์กันคือ $(\Delta X)(\Delta P_X) \geq \hbar$ โดย ΔX เป็นความไม่แน่นอนทางตำแหน่ง และ ΔP_X เป็นความไม่แน่นอนทางโมเมนตัม

การวิจัยครั้งนี้ต้องศึกษาคำอธิบายรายวิชาและผลการเรียนรู้ของสถานศึกษา เพื่อนำไปใช้ในการสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ได้อย่างครบถ้วน ทั้งเนื้อหาที่ทำให้เกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไปพร้อม ๆ กับการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์

ทฤษฎีการเรียนรู้ที่เกี่ยวข้องกับการจัดการเรียนรู้

ทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget)

เพียเจต์ เป็นนักวิทยาศาสตร์ชาวสวิสเซอร์แลนด์ เป็นผู้สร้างทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญา โดยมีสาระสำคัญ ดังนี้ (พรรณี ชูทัย เจนจิต, 2538, หน้า 129-133)

เพียเจต์ มีแนวคิดที่ว่า สิ่งที่เป็นปัจจัยหลักในการพัฒนาด้านสติปัญญาและความคิด คือ การที่คนเราได้มีโอกาสปะทะสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมอย่างต่อเนื่องระหว่างบุคคลและสิ่งแวดล้อม ซึ่งการที่เด็กได้มีโอกาสปะทะสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบข้างจะทำให้เด็กเกิดความคิดเกี่ยวกับสิ่งต่าง ๆ ที่เป็นนามธรรมได้ เพียเจต์ กล่าวว่า โดยธรรมชาติแล้วมนุษย์มีแนวโน้มพื้นฐานที่ติดตัวมาอยู่แล้วตั้งแต่เกิดอยู่ 2 ลักษณะ คือ การจัดระบบโครงสร้าง (Organization) และการปรับตัว (Adaptation) ซึ่งเป็นกระบวนการที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนาสติปัญญาและความคิด (ภพ เลาหไพบูลย์, 2542, หน้า 68-69)

การจัดระบบโครงสร้าง (Organization) ภายในสมอง เป็นการจัดภายในโดยรวมกระบวนการต่าง ๆ เข้าเป็นระบบอย่างติดต่อกันเป็นเรื่องเป็นราว

การปรับตัว (Adaptation) เป็นกระบวนการปรับตัวเข้ากับสิ่งแวดล้อม อันเนื่องมาจากการที่คนเรามีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมรอบ ๆ ตัว โครงสร้างของสมองจะถูกจัดระบบให้มีความเหมาะสมกับสิ่งแวดล้อม คือมีความคิดที่เรียกว่า Schema เกิดขึ้น การปรับตัวประกอบด้วยกระบวนการที่สำคัญ 2 กระบวนการ คือ กระบวนการดูดซึมและกระบวนการปรับขยายโครงสร้าง

กระบวนการดูดซึม (Assimilation) เป็นกระบวนการที่อินทรีย์ดูดซึมประสบการณ์ใหม่เข้าสู่ประสบการณ์เดิมที่เหมือนหรือคล้ายคลึงกัน แล้วสมองรวบรวมปรับเหตุการณ์ใหม่ให้เข้ากับโครงสร้างของความคิดอันเกิดจากการเรียนรู้ที่มีอยู่เดิม

กระบวนการปรับขยายโครงสร้าง (Accommodation) เป็นกระบวนการที่ต่อเนื่องมาจากกระบวนการดูดซึม กล่าวคือ ภายหลังจากการที่ดูดซึมเอาเหตุการณ์ใหม่เข้ามาและปรับเข้าสู่โครงสร้างเดิมแล้ว ถ้าปรากฏว่า ประสบการณ์ใหม่ที่รับเข้ามามีสมบัติเหมือนกับประสบการณ์เดิมประสบการณ์ใหม่จะถูกดูดซึมและปรับเข้าหาประสบการณ์เดิม เป็นการทำให้ประสบการณ์เดิมสมบูรณ์ยิ่งขึ้น แต่ถ้าไม่สามารถปรับประสบการณ์ใหม่เข้าด้วยกับประสบการณ์เดิมได้สมองก็จะสร้างโครงสร้างใหม่ขึ้นมาแทนเพื่อปรับให้เข้ากับประสบการณ์ใหม่นั้น

สรุปแล้ว ในพัฒนาการทางเชาว์ปัญญาของบุคคลต้องมีการปรับตัวซึ่งประกอบด้วยกระบวนการที่สำคัญ 2 อย่างคือ การซึมซาบหรือดูดซึม และการปรับโครงสร้างทางสติปัญญาของเพียเจต์ ได้แบ่งพัฒนาการด้านสติปัญญาออกเป็น 4 ขั้น (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2554, หน้า 49-50) คือ

1. ขั้น Sensorimotor
2. ขั้น Preoperational
3. ขั้น Concrete operations
4. ขั้น Formal Operations

มาลี จุฑา (2542, หน้า 10) กล่าวว่า เพียเจต์ ได้เน้นว่าพัฒนาการทางสติปัญญาของมนุษย์จะเป็นไปตามขั้นตอน มีทั้งหมด 4 ขั้นตอน คือ

1. ขั้นการใช้ประสาทรับสัมผัส (Sensorimotor stage) เป็นพัฒนาการทางสติปัญญาขั้นแรกที่ทารกแรกเกิด - 2 ขวบจะใช้ประสาทสัมผัสและตอบสนองต่อสิ่งเร้าและสิ่งแวดล้อมได้อย่างเหมาะสม

2. ขั้นเตรียมการ (Preoperational stage) เป็นพัฒนาการทางสติปัญญาขั้นที่สองของวัย 3-7 ขวบ ซึ่งถือว่าตนเป็นศูนย์กลางของสังคม (Ego centric) ขาดความมีเหตุผล เป็นขั้นเตรียมการสมองที่จะเริ่มมีเหตุมีผลต่อไป

3. ขั้นเรียนรู้รูปธรรม (The concrete operation stage) เป็นพัฒนาการของเด็กตั้งแต่อายุ 8-12 ปี สติปัญญาพัฒนาดีขึ้น เข้าใจในการใช้เหตุผลและการเปรียบเทียบ สามารถจัดรวมและจัดแยกประเภทของสิ่งของได้

4. ขั้นเรียนรู้สิ่งที่เป็นนามธรรม (Formal operation stage) เป็นพัฒนาการของเด็กวัยรุ่น (13-16 ปี) สติปัญญาของเด็กวัยรุ่นจะพัฒนาได้ดี 90% จึงสามารถเรียนรู้สิ่งต่าง ๆ ทั้งรูปธรรมและนามธรรมได้ ตลอดจนหลักตรรกศาสตร์ได้ นอกจากนี้ยังเข้าใจกฎเกณฑ์ของสังคม สามารถตัดสินใจแก้ปัญหาและทดสอบสมมติฐานและข้อพิสูจน์ต่าง ๆ ได้

ทิศนา แขมมณี (2555, หน้า 66) กล่าวว่า หลักการจัดการศึกษาตามทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ มีดังต่อไปนี้

1. ในการพัฒนาเด็ก ควรคำนึงถึงพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็กและจัดประสบการณ์ให้เด็กอย่างเหมาะสมกับพัฒนาการนั้น

1.1 การจัดสภาพแวดล้อมที่เอื้อให้เด็กเกิดการเรียนรู้ตามวัยของตนสามารถช่วยให้เด็กพัฒนาไปสู่พัฒนาการขั้นสูงขึ้นได้

1.2 เด็กแต่ละคนมีพัฒนาการต่างกันแม้วัยเท่ากัน ดังนั้นไม่ควรเปรียบเทียบเด็ก ให้เด็กมีอิสระในการเรียนรู้และพัฒนาไปตามความสามารถของเขา

1.3 ในการสอนควรใช้สิ่งที่เป็นรูปธรรมเพื่อให้เด็กเข้าใจสิ่งต่าง ๆ ได้ดีมากขึ้น

2. การให้ความสนใจและสังเกตเด็กอย่างใกล้ชิด จะช่วยให้ได้ทราบลักษณะเฉพาะตัวของเด็ก

3. ในการสอนเด็กเล็ก ๆ เด็กจะรับรู้ส่วนรวม (Whole) ได้ดีกว่าส่วนย่อย (Part)

4. ในการสอนสิ่งใดให้กับเด็ก ควรเริ่มจากสิ่งที่เด็กคุ้นเคยหรือมีประสบการณ์มาก่อน แล้วจึงเสนอสิ่งใหม่ที่มีความสัมพันธ์กับสิ่งเก่า

5. การเปิดโอกาสให้เด็กได้รับประสบการณ์และมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมมาก ๆ ช่วยให้เด็กดูดซึมข้อมูลเข้าสู่โครงสร้างทางสติปัญญาอันเป็นการพัฒนาการทางสติปัญญาของเด็ก

ทฤษฎีการเรียนรู้แบบคอนสตรัคติวิซึม (Constructivism)

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2552, หน้า 82-83) กล่าวว่า การเรียนรู้แบบคอนสตรัคติวิซึม เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวของผู้เรียน ผู้เรียนเป็นผู้สร้าง (Construct) ความรู้ความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่พบเห็นกับความรู้ความเข้าใจที่มีอยู่เดิม โดยผู้เรียนเสริมสร้างความรู้ผ่านกระบวนการทางจิตวิทยาด้วยตนเอง ผู้สอนไม่สามารถปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาของผู้เรียนได้ แต่ผู้สอนช่วยปรับเปลี่ยนโครงสร้างทางปัญญาได้ โดยการจัดสภาพการณ์ที่ทำให้เกิดภาวะไม่สมดุลขึ้น

สุรางค์ โค้วตระกูล (2554, หน้า 210-212) กล่าวว่า ทฤษฎี Constructivism มีหลักการสำคัญว่า ในการเรียนผู้เรียนจะต้องเป็นผู้กระทำ (Active) และสร้างความรู้ มีรากฐานมาจาก 2 แหล่ง คือ จากทฤษฎีพัฒนาการของเพียเจต์ และวิก๊อทสกี้ ดังนั้น ทฤษฎี Constructivism จึงแบ่งออกเป็น 2 ทฤษฎี คือ

1. Cognitive constructivism หมายถึงทฤษฎีการเรียนรู้พุทธิปัญญานิยมที่มีรากฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการของเพียร์เจต์ ทฤษฎีนี้ถือว่าผู้เรียนเป็นผู้กระทำ (Active) และเป็นผู้สร้างความรู้ขึ้นในใจตนเอง ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมมีบทบาทในการก่อให้เกิดความไม่สมดุลทางพุทธิปัญญาขึ้น เป็นเหตุให้ผู้เรียนปรับความเข้าใจเดิมที่มีอยู่ให้เข้ากับข้อมูลข่าวสารใหม่จนกระทั่งเกิดความไม่สมดุลทางพุทธิปัญญา หรือเกิดความรู้ใหม่

2. Social constructivism เป็นทฤษฎีที่มีพื้นฐานมาจากทฤษฎีพัฒนาการของวิก๊อทสกี้ ซึ่งถือว่าผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้ด้วยการมีปฏิสัมพันธ์ทางสังคมกับผู้อื่น ในขณะที่ผู้เรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมหรืองาน ในสภาวะสังคม (Social context) ซึ่งเป็นตัวแปรที่สำคัญและขาดไม่ได้ ปฏิสัมพันธ์ทางสังคมทำให้ผู้เรียนสร้างความรู้ด้วยการเปลี่ยนแปลงความเข้าใจเดิมให้ถูกต้องหรือซับซ้อนกว้างขวางขึ้น

ทฤษฎีการสร้างความรู้ใหม่โดยผู้เรียนเอง ผู้เรียนจะปะทะสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อมและวัฒนธรรม การเรียนรู้ของแต่ละบุคคล จะมีระดับแตกต่างกันไป เรียกได้ว่าสิ่งแวดล้อมมีอิทธิพลมากขึ้นเป็นลำดับ และผู้เรียน จะควบคุมการเรียนรู้ด้วยตนเอง ทฤษฎีสร้างความรู้ใหม่ โดยผู้เรียนมี

หลักการว่า การเรียนรู้ คือ การแก้ปัญหา ซึ่งขึ้นอยู่กับการค้นพบ ของแต่ละบุคคล และผู้เรียนจะมีแรงจูงใจจากภายใน ผู้เรียนจะเป็นผู้กระตือรือร้น มีการควบคุมตนเองและเป็นผู้ที่มีการตอบสนองด้วยจุดมุ่งหมายของการสอนจะมีการยืดหยุ่นโดยยึดหลักว่าไม่มีวิธีการสอนใดที่ดีที่สุด

ดังนั้น เป้าหมายของการออกแบบการสอนก็ควรจะต้องพิจารณาเกี่ยวกับการสร้างความคิดหรือปัญญาให้เป็นเครื่องมือ สำหรับนำเอาสิ่งแวดล้อมของการเรียนที่มีประโยชน์มาช่วยให้เกิดการสร้างความรู้ให้แก่ผู้เรียน การนำเอาทฤษฎีการเรียนรู้มาสร้างความรู้ใหม่โดยผู้เรียนเองมาใช้จะต้องคำนึงถึง เครื่องมืออุปกรณ์การสอนด้วย เพราะทฤษฎีนี้เหมาะสำหรับเครื่องมืออุปกรณ์ที่ผู้เรียนสามารถนำมาใช้เป็นเครื่องมือหาความรู้ ด้วยตนเอง เช่น คอมพิวเตอร์ ดังนั้น เครื่องมือทั้ง Hardware และ Software จะต้องเหมาะสมเพื่อสนับสนุนทฤษฎีนี้ แนวคิดของทฤษฎีนี้ ได้แก่

1. ผู้เรียนจะมีการปะทะสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม บุคคล เหตุการณ์ และสิ่งอื่น ๆ และผู้เรียนจะปรับตนเองโดยการดูดซึมโครงสร้างทางปัญญาใหม่ และกระบวนการของความสมดุลเพื่อให้รับสิ่งแวดล้อมหรือความจริงใหม่เข้าสู่ความคิดของตนเองได้

2. ในการนำเสนอหรืออธิบายความจริงที่ผู้เรียนสร้างขึ้นนั้น ผู้เรียนจะสร้างรูปแบบหรือตัวแทนของสิ่งของ ปรากฏการณ์ และ เหตุการณ์ขึ้นในสมองของผู้เรียนเอง ซึ่งอาจแตกต่างกันไปในแต่ละบุคคล

3. ผู้เรียนอาจมีผู้ให้คำปรึกษา (Mentor) เช่น ครูผู้สอนหรือบุคคลที่เกี่ยวข้อง เพื่อช่วยให้ได้สร้างความหมายต่อความจริงหรือ ความรู้ที่ผู้เรียนได้รับเอาไว้ แต่อย่างไรก็ตาม ความหมายเหล่านั้นจะเกิดขึ้นได้ก็ต่อเมื่อผู้เรียนมีส่วนร่วมในกระบวนการเรียนรู้

4. ผู้เรียนจะควบคุมการเรียนรู้ด้วยตนเอง (Self-regulated learning)

การออกแบบการสอนตามทฤษฎีการสร้างความรู้ใหม่โดยผู้เรียนเอง

1. ผู้สอนต้องให้บริบทการเรียนรู้ที่มีความหมาย เพื่อสนับสนุน แรงจูงใจภายในของผู้เรียนและการควบคุมการเรียนรู้ด้วยตนเองของผู้เรียน

2. สร้างรูปแบบการเรียนรู้ให้ผู้เรียนได้เรียนรู้ จากสิ่งที่รู้แล้วไปสู่สิ่งที่ไม่รู้ รูปแบบนี้จะคล้ายกับทฤษฎีการเรียนรู้อย่างมีความหมาย ของออซูเบล คือให้เรียนรู้จากสิ่งที่มีประสบการณ์มาก่อนไปสู่สิ่งที่เป็นเรื่องใหม่

3. ให้เกิดความสมดุลระหว่างการเรียนรู้แบบอนุมาน (Deductive) และอุปมาน (Inductive) คือ เรียนจากเรื่องทั่วไปไปสู่เรื่องเฉพาะเจาะจง และเรียนจากเรื่องเฉพาะหรือตัวอย่างต่าง ๆ ไปสู่หลักการให้มีอย่างสมดุล เพื่อให้รู้วิธีการเรียนในการแก้ปัญหาทั้ง 2 แนวทาง

4. เน้นประโยชน์ของความผิดพลาด แต่ทั้งนี้การผิดพลาดนั้นจะเกิดประโยชน์ก็ต่อเมื่อเป้าประสงค์ของกิจกรรมนั้น ชัดเจน เพื่อผู้เรียนจะได้หาวิธีแก้ไขข้อผิดพลาดไปสู่เป้าประสงค์นั้นได้ถูกต้อง

5. ให้ผู้เรียนคาดการณ์ล่วงหน้า และรักษาไว้ซึ่งการเรียนรู้ที่เกิดขึ้นตามโอกาสอำนวย เนื่องจากทฤษฎีการเรียนรู้นี้ไม่ได้มีการกำหนดแนวทางความคิดอย่างแน่นอนตายตัว ดังนั้น ผู้เรียนอาจแสวงหาประสบการณ์การเรียนรู้ได้ตามสภาพแวดล้อม หรือเหตุการณ์ที่อำนวยให้หลักการนี้เหมาะสม สำหรับการออกแบบการสอนที่ให้ผู้เรียนเรียนรู้ผ่านคอมพิวเตอร์

สรุปได้ว่า ทฤษฎีการเรียนรู้ Constructivism เป็นทฤษฎีที่เชื่อว่า การเรียนรู้เป็นกระบวนการที่เกิดขึ้นภายในตัวผู้เรียน เกิดจากการที่ผู้เรียนมีปฏิสัมพันธ์กับสิ่งแวดล้อม โดยผู้เรียนเป็นผู้สร้างความรู้และความสัมพันธ์ระหว่างสิ่งที่เรียนรู้และสิ่งรอบตัวเข้าด้วยกัน แต่ละบุคคลจะพยายามปรับแต่ละสถานการณ์ที่พบเจอให้เข้ากับสิ่งที่เคยพบเจอสร้างเป็นโครงสร้างทางปัญญา แต่ถ้าสิ่งนั้นเป็นสิ่งใหม่ไม่เหมือนประสบการณ์ที่เคยพบเจอก็จะสร้างเป็นความรู้ใหม่ ดังนั้น ผู้วิจัยคิดว่าควรให้ผู้เรียนสร้างความรู้ใหม่ภายใต้การจัดประสบการณ์หรือสถานการณ์ใหม่ ๆ โดยมีกระบวนการทางปัญญาทำงานร่วมกับกระบวนการทางสังคม เพื่อที่จะพัฒนามโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์

ทฤษฎี Bloom’s Taxonomy และหลักการจำแนกจุดมุ่งหมายทางการศึกษา (Taxonomy of Education objective)

เบนจามิน บลูม (Benjamin Bloom) แห่งมหาวิทยาลัยชิคาโก และผู้ร่วมงาน เชื่อว่า การเรียนการสอนที่จะประสบความสำเร็จและมีประสิทธิภาพนั้น ผู้สอนจะต้องกำหนดจุดมุ่งหมายให้ชัดเจน บลูมและคณะ เชื่อว่ามนุษย์จะเกิดการเรียนรู้ใน 3 ด้าน คือ ด้านสติปัญญา ด้านร่างกาย และด้านจิตใจ และนำหลักการนี้จำแนกเป็นจุดมุ่งหมายทางการศึกษาเรียกว่า Taxonomy of educational objectives กล่าวถึง การเกิดการเรียนรู้ในแต่ละครั้งจะต้องมีการเปลี่ยนแปลงเกิดขึ้น 3 ประการ จึงจะเรียกว่าเป็นการเรียนรู้ที่สมบูรณ์ (Bloom, 1976) คือ

1. การเปลี่ยนแปลงทางด้านความรู้ ความคิด ความเข้าใจ (Cognitive domain) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้นในสมอง เช่น ความคิดรวบยอด

2. การเปลี่ยนแปลงทางด้านอารมณ์หรือความรู้สึก (Affective domain) หมายถึง การเปลี่ยนแปลงทางด้านจิตใจ เช่น ความเชื่อเจตคติ ค่านิยม

3. การเปลี่ยนทางการเคลื่อนไหวของร่างกาย (Psychomotor domain) เพื่อให้เกิดทักษะและความชำนาญ เช่น การว่ายน้ำ เล่นกีฬา

กลุ่มของวัตถุประสงค์ของการศึกษาแบ่งออกเป็น 3 พิสัย (สุรางค์ โค้วตระกูล, 2554, หน้า 292) คือ

1. พุทธิพิสัย (Cognitive domain) เป็นวัตถุประสงค์ที่เกี่ยวกับความรู้ ความคิดและการนำความรู้ไปประยุกต์

2. จิตพิสัย (Affective domain) เป็นวัตถุประสงค์ที่เกี่ยวกับด้านความรู้สึก อารมณ์ และทัศนคติซึ่งมีอิทธิพลต่อพฤติกรรม

3. ทักษะพิสัย (Psychomotor domain) เป็นวัตถุประสงค์ที่เกี่ยวกับทักษะในการใช้ส่วนต่างๆของร่างกาย การประสานงานของการใช้อวัยวะต่าง ๆ เป็นต้นว่า การเขียน การอ่าน การพูด การวิ่ง การกระโดด การว่ายน้ำ เป็นต้น

1. ด้านพุทธพิสัย

พฤติกรรมด้านสมองเป็นพฤติกรรมเกี่ยวกับสติปัญญา ความคิด ความสามารถในการคิดเรื่องราวต่าง ๆ อย่างมีประสิทธิภาพซึ่งพฤติกรรมทางพุทธิพิสัย 6 ระดับ (เจริญพร ดีลา, 2554) ได้แก่

1.1 ความรู้ (Knowledge) หมายถึง ความสามารถของสมองที่เก็บรักษาความรู้ประสบการณ์ เรื่องราวต่าง ๆ ทั้งหมดที่ได้รับรู้มา

1.2 ความเข้าใจ (Comprehension) หมายถึง ความสามารถของสมองในการขยายความรู้ความจำอย่างสมเหตุสมผล เป็นความพยายามของสมองที่จะดัดแปลง ปรับปรุงหรือเสริมแต่งความรู้เดิมเพื่อให้สามารถจับใจความ เปรียบเทียบ ย่อเรื่องราวต่าง ๆ

1.3 การนำความรู้ไปประยุกต์ (Application) หมายถึง ความสามารถในการนำเอาความรู้ความจำ ความเข้าใจที่มีอยู่ไปแก้ปัญหาที่แปลกใหม่หรือสถานการณ์จริงในปัจจุบัน

1.4 การวิเคราะห์ (Analysis) หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะ พิจารณาเรื่องราวสิ่งต่าง ๆ ออกเป็นส่วยย่อย ๆ ตามหลักการและกฎเกณฑ์เพื่อหาความจริง ความสำคัญของสิ่งนั้น

1.5 การสังเคราะห์ (Synthesis) หมายถึง ความสามารถในการรวบรวมเรื่องราวสิ่งต่าง ๆ ที่มากกว่า 2 สิ่งขึ้นไปเข้าด้วยกันเพื่อสร้างเป็นเรื่องราวใหม่

1.6 การประเมินค่า (Evaluation) หมายถึง การตีราคา การวินิจฉัยเรื่องราวต่าง ๆ หรือสิ่งต่าง ๆ อย่างมีหลักเกณฑ์ว่าสิ่งนั้นมีคุณค่า ดีหรือเลว หรือเหมาะสมเช่นไร

จากปี ค.ศ. 1956 ที่เบนจามิน บลูม ได้เสนอจุดมุ่งหมายทางการศึกษา ด้านการพัฒนาทางสติปัญญา (Cognitive domain) เป็น 6 ขั้น แต่อย่างไรก็ตาม พบว่า การแบ่งสติปัญญาของบลูมที่เรียงจากขั้นพื้นฐานไปสู่ขั้นที่ซับซ้อนเป็น 6 ขั้นนั้น ในขั้นที่ 1-3 คือ 1) ขั้นความจำ 2) ขั้นความเข้าใจ และ 3) ขั้นการนำไปใช้ ไม่ค่อยพบปัญหา แต่ในขั้นที่ระดับสูงขึ้นจากขั้นที่ 3

ไป ถึงขั้นที่ 6 จะพบว่าในบางวิชา ไม่ได้เรียงลำดับของการใช้สติปัญญาตามแบบที่บลูมได้กำหนดไว้ ดังเช่น สายวิทยาศาสตร์ การเรียงลำดับความรู้อาจจะสลับกัน ดังเช่น ขั้นการสังเคราะห์ตามการแบ่งของ บลูมอยู่ในขั้นที่ 5 แต่ในวิทยาศาสตร์พบว่า ขั้นการสังเคราะห์นั้นเป็นการคิดในขั้นที่ 5 ต่อจากขั้นความจำ และในบางเรื่อง เช่น วิชาคณิตศาสตร์ การใช้สติปัญญาในขั้นการประเมินค่าก็เป็นขั้นที่ไม่พบในการคิด จากปัญหาที่เกิดขึ้น ส่งผลให้แอนเดอร์สัน (Anderson) ซึ่งเป็นลูกศิษย์ของบลูมได้ศึกษาร่วมกับ ครัทวอล (Krathwohl) ในช่วงปี ค.ศ. 1995-2000 ในเรื่องจุดมุ่งหมายทางการศึกษาในด้านการพัฒนาการทางด้านสติปัญญา และในปี ค.ศ. 2001 ทั้งสองคนได้เสนอจุดมุ่งหมายทางการศึกษาฉบับใหม่ที่ปรับปรุงจากจุดมุ่งหมายการศึกษาของบลูม (Bloom) ฉบับปี ค.ศ. 1965 โดยและได้นำเสนอการจัดแบ่งใหม่ออก 6 ขั้น โดยมีรายละเอียด ดังตารางต่อไปนี้ (ศักดิ์ชัย หิรัญรักษ์, 2557)

ตารางที่ 2-1 การพัฒนาการทางด้านสติปัญญาตามการแบ่งของ บลูม กับของ แอนเดอร์สัน และครัทวอล

Bloom	**Anderson and Krathwohl**
6. ขั้นการประเมินค่า (Evaluation)	6. ขั้นการสร้างสรรค์ (Creating)
5. ขั้นการสังเคราะห์ (Synthesis)	5. ขั้นการประเมิน (Evaluating)
4. ขั้นการวิเคราะห์ (Analysis)	4. ขั้นการวิเคราะห์ (Analyzing)
3. ขั้นการนำความรู้ไปใช้ (Application)	3. ขั้นการนำเอาความรู้ไปประยุกต์ (Applying)
2. ขั้นความเข้าใจ (Comprehensive)	2. ขั้นการเข้าใจ (Understanding)
1. ขั้นความรู้ (Knowledge)	1. ขั้นการจำ (Remembering)

2. จิตพิสัย (Affective domain) หรือพฤติกรรมด้านจิตใจ จะประกอบด้วย พฤติกรรมย่อย 5 ระดับ (ทิศนา แขมมณี, 2555, หน้า 237) ได้แก่

2.1 การรับรู้ (Receiving or attending) หมายถึง การที่ผู้เรียนได้รับรู้ค่านิยมที่ต้องการจะปลูกฝังในตัวผู้เรียน

2.2 การตอบสนอง (Responding) ได้แก่ การที่ผู้เรียนได้รับรู้และเกิดความสนใจในค่านิยมนั้น แล้วมีโอกาสได้ตอบสนองในลักษณะใดลักษณะหนึ่ง

2.3 การเห็นคุณค่า (Valuing) เป็นขั้นที่ผู้เรียนได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับค่านิยมนั้น แล้วเกิดเห็นคุณค่าของค่านิยมนั้น ทำให้ผู้เรียนมีเจตคติที่ดีต่อค่านิยมนั้น

2.4 การจัดระบบ (Organization) เป็นขั้นที่ผู้เรียนรับค่านิยมที่ตนเห็นคุณค่านั้นเข้ามาอยู่ในระบบค่านิยมของตน

2.5 ขั้นการสร้างนิสัย (Characterization) เป็นขั้นที่ผู้เรียนปฏิบัติตนตามค่านิยมที่ตนรับมาอย่างสม่ำเสมอจนกระทั่งทำเป็นนิสัย

3. ทักษะพิสัย (Psychomotor domain) ประกอบด้วย 5 ขั้น (เจริญพร ดีลา, 2554) ดังนี้

3.1 การรับรู้ เป็นการให้ผู้เรียนได้รับรู้หลักการปฏิบัติที่ถูกต้องหรือเป็นการเลือกหาตัวแบบที่สนใจ

3.2 กระทำตามแบบ เป็นพฤติกรรมที่ผู้เรียนพยายามฝึกตามแบบที่ตนสนใจและพยายามทำซ้ำ เพื่อที่จะให้เกิดทักษะตามแบบที่ตนสนใจให้ได้ หรือสามารถปฏิบัติงานได้ตามข้อแนะนำ

3.3 การหาความถูกต้อง พฤติกรรมสามารถปฏิบัติได้ด้วยตนเองโดยไม่ต้องอาศัยเครื่องชี้แนะ เมื่อได้กระทำซ้ำแล้ว ก็พยายามหาความถูกต้องในการปฏิบัติ

3.4 การกระทำอย่างต่อเนื่องหลังจากตัดสินใจ เลือกรูปแบบที่เป็นของตัวเองจะกระทำตามรูปแบบนั้นอย่างต่อเนื่อง จนปฏิบัติงานที่ยุ่งยากซับซ้อนได้อย่างรวดเร็ว ถูกต้องคล่องแคล่ว

3.5 การกระทำได้อย่างเป็นธรรมชาติ พฤติกรรมที่ได้จากการฝึกอย่างต่อเนื่องจนสามารถปฏิบัติ ได้คล่องแคล่วว่องไวโดยอัตโนมัติ เป็นไปอย่างธรรมชาติซึ่งถือเป็นความสามารถของการปฏิบัติในระดับสูง

จะเห็นว่าในการเตรียมแผนการสอน วัตถุประสงค์ของการสอนที่สมบูรณ์ควรประกอบด้วยวัตถุประสงค์ทั้ง 3 ด้าน คือ พุทธพิสัย จิตพิสัย และทักษะพิสัย ดังที่บลูมและคณะได้เสนอไว้ และครูควรแจ้งนักเรียนให้ทราบถึงวัตถุประสงค์การเรียนรู้ เพื่อที่นักเรียนจะได้มีความใส่ใจและพยายามเปลี่ยนพฤติกรรมตามความคาดหวังของครู

การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)

วิธีการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นวิธีการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ เป็นการสอนที่ให้ผู้เรียนเป็นศูนย์กลางของการปฏิบัติกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างแท้จริง โดยนักเรียนค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง ช่วยให้นักเรียนเป็นคนช่างสังเกต ช่างสงสัย และพยายามหาข้อสรุป จนในที่สุดเกิดเป็นความคิดรวบยอดในเรื่องที่ศึกษานั้น การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้นี้ ครูผู้สอนมีหน้าที่ เป็นผู้สนับสนุน ชี้แนะช่วยเหลือตลอดจนแก้ไขปัญหาที่อาจเกิดขึ้นในระหว่างการเรียนการสอน (สมจิต สวธนไพบูลย์, ม.ป.ป., หน้า 110-111)

ความหมายการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้มีความหมายแตกต่างกันออกไปตามแนวคิดของนักการศึกษา ดังต่อไปนี้ การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นการสอนที่ส่งเสริมให้ผู้เรียนแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง โดยใช้วิธีการและกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ เป็นเครื่องมือในการค้นคว้าความรู้ที่ผู้เรียนยังไม่เคยมีความรู้มาก่อน จนสามารถออกแบบทดลองและทดสอบสมมติฐานได้ (สุวัฒน์ นิยมค้า, 2531, หน้า 502)

วีณา ประชากูล และประสาท เนืองเฉลิม (2553, หน้า 228) ให้ความหมายของการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ คือ กระบวนการเรียนรู้ที่เน้นการพัฒนาความสามารถในการแก้ปัญหาด้วยวิธีการฝึกให้ผู้เรียนรู้จักศึกษาค้นคว้าหาความรู้ โดยผู้สอนมีบทบาทในการตั้งคำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนได้ใช้กระบวนการทางความคิด หาเหตุผลจนค้นพบความรู้หรือแนวทางแก้ไขปัญหาที่ถูกต้องด้วยตนเอง แล้วสรุปผลออกมาเป็นหลักการ หรือวิธีการในการแก้ปัญหาและสามารถนำไปประยุกต์ใช้ประโยชน์

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, หน้า 20) กล่าวว่า วิทยาศาสตร์เป็นการสืบเสาะหาความรู้ โดยมนุษย์ได้พัฒนาองค์ความรู้วิทยาศาสตร์ โดยใช้การสืบเสาะหาความรู้ด้วยการตั้งคำถามที่สงสัยอยากรู้เกี่ยวกับสิ่งเหล่านั้นเป็นแนวความคิดหลัก กฎ หรือทฤษฎีที่เกี่ยวกับโลกธรรมชาติ

เวลช์ (Welch, 1981 อ้างอิงใน ศศิธร เวียงวะลัย, 2556, หน้า 146) อธิบายว่า การสืบเสาะเป็นกระบวนการหนึ่งของการสืบเสาะทั่วไป ที่มุ่งการหาความรู้ความเข้าใจเกี่ยวกับปรากฏการณ์ต่าง ๆ ทางธรรมชาติโดยอาศัยความเชื่อ กรอบความคิด และข้อตกลงเบื้องต้นเป็นแนวทางในการศึกษามาตรฐานการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์แห่งอเมริกา เห็นได้ว่า การสืบเสาะเป็นกิจกรรมที่หลากหลายซึ่งประกอบด้วยการสังเกต การตั้งคำถาม การตรวจสอบหนังสือเอกสารต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับปัญหาที่น่าสนใจ การวางแผนการสืบค้น การใช้เครื่องมือและอุปกรณ์ในการเก็บรวบรวมข้อมูล การวิเคราะห์ข้อมูล การแปลความหมายข้อมูล การเสนอคำตอบตลอดจนการถ่ายทอด เผยแพร่ผลการศึกษา

จากแนวคิดข้างต้น อาจกล่าวได้ว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ เป็นกระบวนการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง ด้วยกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ตั้งแต่การตั้งสมมติฐาน การค้นคว้า การทดลอง การสำรวจตรวจสอบ การลงข้อสรุป เน้นให้ผู้เรียนสร้างความรู้ใหม่หรือสิ่งประดิษฐ์ใหม่ด้วยตนเอง ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนเกิดความรู้และความรู้นั้นจะคงทนถาวรอยู่ในความจำระยะยาว ครูเป็นเพียงผู้จัดการให้เกิดประสบการณ์การเรียนรู้

ความเป็นมาและแนวคิดของการจัดการการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E)

วัฏจักรการเรียนรู้ (Learning cycle) เป็นยุทธวิธีในการจัดการเรียนการสอนสืบเสาะที่เน้นผู้เรียนเป็นศูนย์กลางให้ผู้เรียนได้สร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง ผู้เรียนได้เรียนรู้ร่วมกันและประเมินผลการเรียนรู้ด้วยตัวของผู้เรียนเอง การเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ระยะแรกพัฒนามาจากทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของเพียเจต์ (Piaget) ในเรื่องการปรับขยายโครงสร้างปฏิบัติการทางสติปัญญา (Assimilation) การปรับรื้อโครงสร้างปฏิบัติการทางสติปัญญา (Accommodation) และการจัดระเบียบสิ่งเร้าใหม่ให้เข้ากับโครงสร้างปฏิบัติการทางสติปัญญา (Organization) (Reilly & Lewis, 1983, p. 60 อ้างถึงใน ไพฑูรย์ สุขศรีงาม, 2545) ซึ่งมีอยู่ 2 ขั้นตอน คือ ขั้นสำรวจ (Exploration) และขั้นการอธิบาย (Explanation) ซึ่งต่อมา โรเบิร์ต คาร์พลัส (Robert Karplus) นักฟิสิกส์ชาวสหรัฐอเมริกา ได้นำเสนอยุทธวิธีนี้เพื่อปรับผลสัมฤทธิ์การเรียนวิทยาศาสตร์ และพัฒนาทักษะกระบวนการเด็ก ซึ่งเป็นรูปแบบที่ใช้ปรับปรุงหลักสูตรวิทยาศาสตร์ระดับประถมศึกษาของประเทศสหรัฐอเมริกา (Science curriculum improvement study: SCIS) ประกอบด้วย 3 ขั้นตอน คือ ขั้นสำรวจ (Exploration) ขั้นสร้างมโนทัศน์ (Concept introduction) และการนำมโนทัศน์ไปใช้ (Concept application) ขั้นตอนเหล่านี้ได้มีการจัดเรียงลำดับ และมีความสอดคล้องกับทฤษฎีพัฒนาการทางสติปัญญาของ เพียเจต์ ต่อมา ได้มีกลุ่มนักการศึกษาได้นำวิธีนี้มาใช้และมีการพัฒนาวิธีการและขั้นตอนในการเรียนการสอนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ออกเป็น 4 ขั้นตอน ได้แก่ การสำรวจ (Exploration) การอธิบาย (Explanation) การขยายความคิด (Expansion) และการประเมินผล (Evaluation) และในปีเดียวกันได้แบ่งขั้นตอนของการเรียนรู้แบบวัฏจักรออกเป็น 5 ขั้น (Bybee et al., 1989, pp. 59-63)

1. การนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) ขั้นนี้จะมีลักษณะเป็นการแนะนำบทเรียนหรือกิจกรรมการเรียน ว่าจะประกอบไปด้วยอะไรบ้าง เช่น อาจจะเป็นการซักถามปัญหาทั่วไป การทบทวนความรู้เดิม การกำหนดกิจกรรมที่จะเกิดขึ้นและเป้าหมายในการเรียนการสอน

2. การสำรวจ (Exploration) ขั้นนี้จะเปิดโอกาสให้นักเรียน ได้ใช้แนวความคิดที่มีอยู่แล้วมาจัดความสัมพันธ์กับหัวข้อที่กำลังจะเรียนให้เข้าเป็นหมวดหมู่ ถ้ากิจกรรมที่เกี่ยวกับการทดลอง การสำรวจ การสืบค้นด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งเทคนิคและความรู้จากการปฏิบัติจะดำเนินไปด้วยตัวของนักเรียนเอง โดยมีครูทำหน้าที่เป็นเพียงผู้แนะนำ หรือผู้เริ่มต้นในกรณีที่นักเรียนไม่สามารถหาจุดเริ่มต้นได้

3. การอธิบาย (Explanation) ในขั้นตอนนี้กิจกรรม หรือกระบวนการเรียนรู้จะมีการนำความรู้ที่รวบรวมมาแล้วในขั้นที่ 2 มาใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาหัวข้อ หรือแนวความคิดที่กำลังศึกษาอยู่ กิจกรรมอาจประกอบไปด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการอ่านและนำข้อมูลมาอภิปราย

4. การลงข้อสรุป (Elaboration) ขั้นการขยายความคิด (Expansion phase) ในขั้นตอนนี้จะเน้นให้นักเรียนได้มีการนำความรู้หรือข้อมูลจากขั้นที่ผ่านมาแล้วมาใช้ กิจกรรมส่วนใหญ่อาจเป็นการอภิปรายภายในกลุ่มของตนเองเพื่อลงข้อสรุป เกิดเป็นแนวความคิดหลักขึ้น นักเรียนจะปรับแนวความคิดหลักของตัวเองในกรณีที่ไม่สอดคล้อง หรือคลาดเคลื่อนจากข้อเท็จจริง

5. การประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นตอนสุดท้ายจากการเรียนรู้ โดยครูเปิดโอกาสให้นักเรียน ได้การประเมินผลด้วยตนเองถึงแนวความคิดที่ได้สรุปไว้แล้วในขั้นตอนที่ 4 ว่ามีความสอดคล้องหรือถูกต้องมากน้อยเพียงใด รวมทั้งมีการยอมรับมากน้อยเพียงใด ข้อสรุปที่ได้จะนำมาใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาครั้งต่อไป ทั้งนี้รวมทั้งการประเมินผลของครูต่อการเรียนรู้ของนักเรียนด้วย

ในปี ค.ศ. 1992 โครงการศึกษาหลักสูตรวิทยาศาสตร์สาขาชีววิทยาของสหรัฐอเมริกา (BSCS) ได้แบ่งขั้นตอนของการเรียนรู้แบบวัฏจักรออกเป็น 5 ขั้นตอน หรือเรียกว่า 5E เพื่อเป็นแนวทางสำหรับใช้ออกแบบการจัดการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ให้เหมาะสมยิ่งขึ้น โดยแบ่งออกเป็น 5 ขั้นตอน ได้แก่ (ศศิธร เวียงวะลัย, 2556, หน้า 152-153)

1. ขั้นการนำเข้าสู่บทเรียน (Engagement) ขั้นนี้จะมีลักษณะเป็นการแนะนำบทเรียน กิจกรรมจะประกอบด้วยการซักถามปัญหา การทบทวนความรู้เดิม การกำหนดกิจกรรมที่เกิดขึ้นในการเรียนการสอนและเป้าหมาย

2. ขั้นสำรวจ (Exploration) ขั้นนี้จะเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ใช้แนวความคิดที่มีอยู่แล้วมาจัดความสัมพันธ์กับหัวข้อที่กำลังจะเรียนให้เข้ากับหมวดหมู่ ถ้ากิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการทดลอง การสำรวจ การสืบค้นด้วยวิธีการทางวิทยาศาสตร์ รวมทั้งเทคนิคและความรู้ทางการปฏิบัติ จะดำเนินไปด้วยตัวของนักเรียนเอง โดยครูทำหน้าที่เป็นเพียงผู้แนะนำหรือผู้เริ่มต้นในกรณีที่นักเรียนไม่สามารถหาจุดเริ่มต้น

3. ขั้นอธิบาย (Explanation) ในขั้นตอนนี้กิจกรรมหรือกระบวนการเรียนรู้จะมีการความรู้ที่รวบรวมแล้วในขั้นที่ 2 มาใช้เป็นพื้นฐานในการศึกษาหัวข้อหรือแนวความคิดที่กำลังศึกษาอยู่กิจกรรมอาจประกอบไปด้วยการเก็บรวบรวมข้อมูลจากการอ่านและนำข้อมูลมาอภิปราย

4. ขั้นการลงข้อสรุป (Elaboration) ในขั้นนี้จะเน้นให้นักเรียนได้มีการนำความรู้หรือข้อมูลจากขั้นที่ผ่านมาแล้วมาใช้ กิจกรรมส่วนใหญ่อาจเป็นการอภิปรายภายในกลุ่มของตนเองเพื่อลงข้อสรุปเกิดเป็นแนวความคิดหลักขึ้น นักเรียนจะปรับแนวความคิดหลักของตนเองในกรณีไม่สอดคล้องหรือคลาดเคลื่อนจากข้อเท็จจริง

5. ขั้นการประเมินผล (Evaluation) เป็นขั้นตอนสุดท้ายจากการจัดการเรียนรู้ โดยครูเปิดโอกาสให้นักเรียนได้ประเมินผลด้วยตนเอง ถึงแนวความคิดที่สรุปไว้แล้วในขั้นที่ 4 ว่ามีความสอดคล้องหรือถูกต้องมากน้อยเพียงใด รวมทั้งการประเมินผลของครูต่อการเรียนรู้ของนักเรียนด้วย

การจัดการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5E ตามสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, หน้า 32-33) จะต้องออกแบบการจัดการเรียนรู้ที่มีกิจกรรมต่าง ๆ ท้าท้ายให้นักเรียนมีปฏิสัมพันธ์หลากหลายเพื่อให้เกิดการเรียนรู้ ความเข้าใจในแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์ที่สำคัญ มีขั้นตอนการจัดกิจกรรม 5 ขั้น ดังนี้

1. ขั้นสร้างความสนใจ (Engagement) เป็นการนำเข้าสู่บทเรียนหรือเรื่องที่สนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองจากความสงสัย หรืออาจเริ่มจากความสนใจของตัวนักเรียนเองหรือเกิดจากการอภิปรายภายในกลุ่ม เรื่องที่น่าสนใจอาจมาจากเหตุการณ์ที่กำลังเกิดขึ้นอยู่ในช่วงเวลานั้นหรือเป็นเรื่องที่เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่เพิ่งเรียนรู้มาแล้ว เป็นตัวกระตุ้นให้นักเรียนสร้างคำถามกำหนดประเด็นที่จะศึกษา

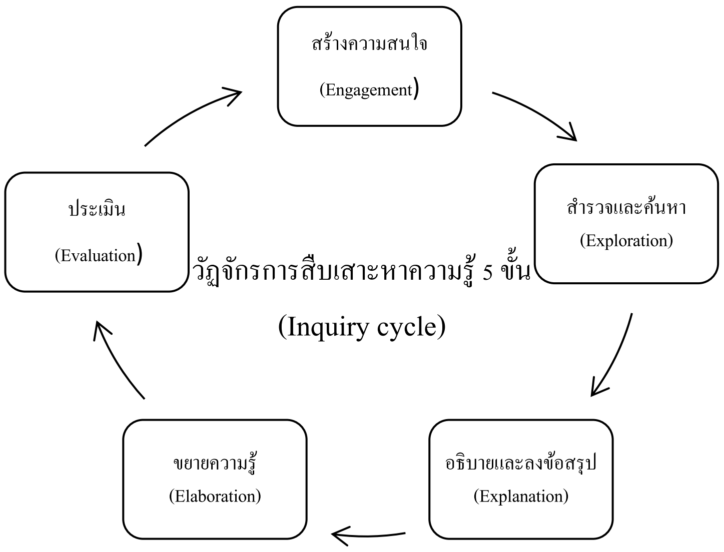
2. ขั้นสำรวจและค้นหา (Exploration) เมื่อทำความเข้าใจในประเด็นหรือคำถามที่สนใจจะศึกษาอย่างถ่องแท้แล้ว ก็มีการวางแผนกำหนดแนวทางการสำรวจตรวจสอบ ตั้งสมมติฐานกำหนดทางเลือกที่เป็นไปได้ ลงมือปฏิบัติเพื่อเก็บรวบรวมข้อมูล วิธีการตรวจสอบอาจทำได้หลายวิธี เช่น ทำการทดลอง ทำกิจกรรมภาคสนาม การใช้คอมพิวเตอร์เพื่อช่วยสร้างสถานการณ์จำลอง (Simulation) การศึกษาหาข้อมูลจากเอกสารอ้างอิงหรือจากแหล่งข้อมูลต่าง ๆ เพื่อให้ได้มาซึ่งข้อมูลอย่างเพียงพอที่จะใช้ในขั้นต่อไป

3. ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป (Explanation) เมื่อได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบแล้ว จึงนำข้อมูล ข้อสนเทศที่ได้มาวิเคราะห์ แปลผล สรุปผลและนำเสนอผลที่ได้ในรูปแบบต่าง ๆ

4. ขั้นขยายความรู้ (Elaboration) เป็นการนำความรู้ที่สร้างขึ้นไปเชื่อมโยงกับความรู้เดิมหรือแนวคิดที่ได้ค้นคว้าเพิ่มเติมหรือนำแบบจำลองหรือข้อสรุปที่ได้ไปใช้อธิบายสถานการณ์หรือเหตุการณ์อื่น ๆ ทำให้เกิดความรู้ที่กว้างขวางขึ้น

5. ขั้นประเมิน (Evaluation) เป็นการประเมินการเรียนรู้ด้วยกระบวนการต่าง ๆ ว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง อย่างไร และมากน้อยเพียงใด จากขั้นนี้จะนำไปสู่การนำความรู้ไปประยุกต์ใช้ในเรื่องอื่น ๆ

กระบวนการสืบเสาะหาความรู้จึงช่วยให้นักเรียนเกิดการเรียนรู้ทั้งเนื้อหาและทฤษฎีตลอดจนการลงมือปฏิบัติ สามารถสรุปเป็นภาพประกอบ ดังนี้



ภาพที่ 2-1 การเรียนรู้แบบวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (สมบัติ กาญจนารักพงศ์, 2549)

ข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 156-157) ได้กล่าวถึงข้อดีของการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ไว้ ดังนี้

1. นักเรียนมีโอกาสได้พัฒนาความคิดอย่างเต็มที่ ได้ศึกษาค้นคว้าด้วยตนเอง จึงมีความอยากเรียนรู้ตลอดเวลา
2. นักเรียนมีโอกาสได้ฝึกฝนความคิดและฝึกการกระทำ ทำให้ได้เรียนรู้วิธีการจัดการระบบความคิดและวิธีเสาะแสวงหาความรู้ด้วยตนเอง ทำให้ความรู้คงทนถ่ายโยงการเรียนรู้ได้ กล่าวคือ ทำให้สามารถจดจำได้นานและนำไปใช้กับสถานการณ์ใหม่อีกด้วย
3. นักเรียนเป็นศูนย์กลางของการเรียนรู้
4. นักเรียนสามารถเรียนรู้มโนมติ และหลักการทางวิทยาศาสตร์ได้เร็วขึ้น
5. นักเรียนจะเป็นผู้มีเจคติที่ดีต่อการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์

การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) หรือวัฏจักรการสืบเสาะหาความรู้ เมื่อสิ้นสุดการประเมินแล้วครูและนักเรียนก็สามารถเข้าสู่วัฏจักรการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ใหม่ได้ต่อไป เหตุผลเพราะในชีวิตจริงมีเรื่องราวหรือสิ่งที่ชวนสงสัย น่าศึกษาต่อเนื่องตลอดเวลาไม่สิ้นสุด หากทั้งครูและนักเรียนมีความใฝ่รู้ใฝ่เรียนตลอดเวลา การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ (5E) จึงเป็นวัฏจักรต่อเนื่องไป (สมบัติ กาญจนารักพงศ์, 2549)

งานวิจัยนี้ผู้วิจัยได้เลือกใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ตามรูปแบบของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี โดยมีขั้นตอนการจัดกิจกรรม

ในการเรียนรู้ทั้งหมด 5 ขั้น คือ ขั้นสร้างความสนใจ ขั้นสำรวจและค้นหา ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ขั้นขยายความรู้ และขั้นประเมิน เพื่อให้ผู้เรียนเกิดความเข้าใจในแนวคิดหลักทางวิทยาศาสตร์และฝึกการคิดวิเคราะห์ในแต่ละขั้นตอนการเรียนรู้

การใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ (Questioning)

เป็นอีกหนึ่งกระบวนการเรียนรู้ที่มุ่งพัฒนากระบวนการทางความคิดของผู้เรียน โดยผู้สอนจะป้อนคำถามในลักษณะต่าง ๆ ที่เป็นคำถามที่ดี ซึ่งจะช่วยพัฒนาความคิดผู้เรียนได้ โดยถามเพื่อให้ผู้เรียนใช้ความคิดเชิงเหตุผล วิเคราะห์ วิจารณ์ สังเคราะห์ หรือ การประเมินค่า เพื่อจะตอบคำถามเหล่านั้น

ความหมายของการใช้คำถาม

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 191) กล่าวถึงการใช้คำถามพอสรุปได้ว่า การใช้คำถามเป็นเทคนิคการสอนที่มีประสิทธิภาพในการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์ในระดับมัธยมศึกษาที่มุ่งเน้นให้นักเรียนสามารถศึกษาค้นคว้าหาความรู้ แก้ปัญหา และสรุปแนวคิดหลักได้ด้วยตนเอง

Jay McTighe.(1991 อ้างถึงใน ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2553, หน้า 3) กล่าวถึงการสอนโดยใช้คำถามว่า คำถามมีความสำคัญมากในการช่วยกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทางความคิด คำถามจะทำให้ผู้เรียนมีแง่มุมความคิดที่แปลกใหม่ เกิดการอภิปรายอย่างกว้างขวางนำไปสู่ความเข้าใจและเกิดการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ ผู้สอนที่ใช้คำถามที่ใช้ทักษะการคิดขั้นสูงจะช่วยยกระดับการเรียนรู้ของผู้เรียนได้

การใช้คำถาม ตามสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี (2555, หน้า 60) กล่าวว่า การตั้งคำถามมีความสำคัญและมีคุณค่ามากในการจัดการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ คำถามทำให้เกิดพลังในการเรียนรู้ ช่วยให้นักเรียนพัฒนาความคิดระดับสูง ในการตอบคำถาม แก้ปัญหา เสนอทางออกของปัญหา อีกทั้งการถามคำถามยังเป็นการกำหนดวิธีการเรียนรู้ของนักเรียนอีกด้วย

ศิริญญา ทาคำถา (2550) กล่าวว่า การใช้คำถามเป็นการมุ่งพัฒนาความคิดของผู้เรียนโดยผู้สอนจะป้อนคำถามในลักษณะต่าง ๆ ให้นักเรียนแสวงหาความรู้ แก้ปัญหา และสรุปเป็นแนวคิดหลักด้วยตนเอง กระตุ้นให้ผู้เรียนได้ใช้ความคิด ผู้สอนควรที่จะพัฒนาทักษะการใช้คำถามและควรจะรู้ว่าควรใช้คำถามเมื่อใด เพื่อให้บรรลุจุดประสงค์ทางการเรียนที่ตั้งไว้

สุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545, หน้า 74-75) ได้ให้ความหมายของการสอนแบบใช้คำถามพอสรุปได้ว่า เป็นกระบวนการที่มุ่งพัฒนากระบวนการทางความคิดของผู้เรียน โดยผู้สอนป้อนคำถามในลักษณะต่าง ๆ ที่เป็นคำถามที่ดีสามารถพัฒนาความคิดของผู้เรียนถามเพื่อให้ผู้เรียนใช้ความคิดเชิงเหตุผล วิเคราะห์ วิจารณ์ สังเคราะห์ หรือประเมินค่า เพื่อจะตอบคำถามเหล่านั้น

จากความหมายของการใช้คำถามที่กล่าวมาข้างต้น จะเห็นว่า การใช้คำถาม เป็นวิธีการหนึ่งที่จะทำให้ผู้เรียนเกิดกระบวนการคิด คำถามที่ดีจะทำให้ผู้เรียนเกิดแง่คิดมุมมองที่แตกต่างออกไป ผู้สอนจะเป็นผู้ตั้งคำถามในลักษณะต่าง ๆ ให้ผู้เรียนได้แสวงหาความรู้นั้นและสรุปเป็นแนวคิดของตนเอง การถามจะทำให้สามารถดำเนินกิจกรรมการเรียนการสอนให้เป็นไปตามจุดประสงค์การเรียนรู้ได้

ลักษณะของคำถาม

การถามผู้เรียนให้เกิดการเรียนรู้ ผู้สอนต้องใช้คำถามในหลายลักษณะไม่ใช่ถามเพื่อให้ผู้เรียนจำอย่างเดียวผู้สอนควรใช้คำถามที่มุ่งให้ผู้เรียนได้ใช้ความเข้าใจเป็นพื้นฐานในการคิดต่อไปในระดับสูง ซึ่งลักษณะของคำถามมีหลายลักษณะดังนี้ ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2553, หน้า 7-13)

1. การถามเกี่ยวกับความเข้าใจ เป็นการถามเพื่อให้ผู้เรียนได้ใช้ความสามารถในการระลึกถึงสาระสำคัญ สิ่งที่เรียนรู้ หรือเป็นความสามารถที่จะนำความรู้มาเชื่อมโยงกับสถานการณ์ ลักษณะคำถามจึงเป็นการถามถึงวิธีการ รวมถึงการนำไปใช้ในชีวิตประจำวัน

2. การถามให้อธิบาย เป็นการใช้คำถามเพื่อให้ผู้เรียนได้อธิบายถึงวิธีการคิดหาคำตอบขั้นตอน หรือกระบวนการในการคิดหาคำตอบแต่ไม่จำเป็นต้องบอกเหตุผลในการคิดหรือกระทำอย่างนั้น

3. การถามให้คิดวิเคราะห์ เป็นลักษณะการถามที่ไม่ต้องการคำตอบว่าถูกหรือผิดใช่หรือไม่ แต่เป็นการถามเพื่อให้ผู้เรียนใช้ความสามารถในการแยกแยะองค์ประกอบต่าง ๆ ของปัญหาโดยอาศัยหลักการ กฎ ทฤษฎี และที่มาของเรื่องราวเหตุการณ์ที่กำหนดเป็นตัวนำไปสู่การคิด

4. การถามให้คิดเชิงเหตุผล เป็นการถามที่เน้นให้ผู้เรียนได้อธิบายเหตุผลประกอบการคิด การตัดสินใจ โดยมีการอ้างหลักการ กฎ ทฤษฎี หรือประสบการณ์

5. การถามเพื่อให้เกิดความคิดรวบยอด เป็นลักษณะคำถามเพื่อให้ผู้เรียนใช้กระบวนการคิดเพื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูลย่อย ๆ แล้วสรุปเป็นหลักการด้วยตัวเอง

6. การถามเพื่อให้เกิดความคิดสร้างสรรค์ คำถามลักษณะนี้ เป็นการถามให้ผู้เรียนใช้ความรู้ ความรู้สึก ความคิดเห็น นำไปสู่การตัดสินใจคิดหรือสร้างสิ่งใหม่

การจำแนกประเภทของคำถาม

ประเภทของคำถามที่ใช้ในการจัดการเรียนการสอนได้ถูกจำแนกโดยนักการศึกษาหลายลักษณะตามแนวคิดและประสบการณ์ของแต่ละท่าน ซึ่งนักการศึกษาให้ความสำคัญในการตั้งคำถามอย่างมาก และได้จัดแบ่งประเภทของคำถามที่ครูผู้สอนใช้ถามนักเรียน โดยอาศัยเกณฑ์

ในการแบ่งต่าง ๆ ดังสรุปได้ดังนี้ (สสวท., 2525, หน้า 89-92 อ้างถึงใน กิตติชัย สุธาสิโนบล, 2541, หน้า 34-35; Kochhar, 1982, p. 90 อ้างถึงใน ประจวบจิตร คำจัตุรัส, 2535, หน้า 25-26; สุนีย์ เหมะประสิทธิ์, 2540, หน้า 21-23)

1. แบ่งโดยใช้วัตถุประสงค์ (Kochhar, 1982, หน้า 90 อ้างถึงใน ประจวบจิตร คำจัตุรัส, 2537, หน้า 25-26) โดยได้แบ่งออกเป็น 2 รูปแบบด้วยกันคือ

1.1 คำถามแบบธรรมชาติ (Natural question) เป็นข้อคำถามใช้ถามผู้เรียนในข้อสงสัยต่าง ๆ เช่น ทำไมวัตถุมวลต่างกัน ตกจากที่สูงระดับเดียวกัน จึงตกถึงพื้นพร้อมกัน

1.2 คำถามแบบเป็นทางการ (Formal question) ซึ่งประกอบไปด้วย

1.2.1 คำถามนำเข้าสู่บทเรียน (Introductory question) เป็นข้อคำถามที่ใช้ก่อนเริ่มต้นบทเรียนใหม่เพื่อทดสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียนและเตรียมผู้เรียนให้พร้อมที่จะเรียนรู้เรื่องใหม่ เช่น นักเรียนคิดว่ามวลและน้ำหนักต่างกันอย่างไร

1.2.2 คำถามใช้ในขั้นพัฒนาการเรียนรู้ของผู้เรียนหรือการสอน เป็นคำถามที่ใช้ขณะทำการสอน หรือขณะผู้เรียนกำลังดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้

1.2.3 คำถามที่ใช้สรุปเมื่อจบบทเรียน(Recapitulation question) เป็นคำถามที่ใช้ถามเมื่อจบบทเรียน เพื่อให้ทราบว่าสิ่งที่เรียนรู้นั้นเป็นอย่างไรและช่วยย้ำความรู้ที่ผู้เรียนเรียนไปแล้วให้เข้าใจมากยิ่งขึ้น

2. แบ่งตามกระบวนการคิดทางการเรียนรู้ด้านพุทธพิสัยตามรูปแบบของ Bloom's Taxonomy (สุนีย์ เหมะประสิทธิ์, 2540, หน้า 21-23) เบนจามิน เอส บลูม ได้จำแนกลักษณะของคำถาม ดังนี้

2.1 คำถามความรู้ความจำ (Knowledge) เป็นคำถามที่ถามความหมายข้อเท็จจริง หลักการทฤษฎี กระบวนการ รูปแบบหรือโครงสร้างต่าง ๆ เช่น แรงมีกี่ประเภท การตกแบบเสรีเป็นอย่างไร เป็นต้น

2.2 คำถามความเข้าใจ (Comprehension) เป็นข้อคำถามที่ใช้ก่อนเริ่มต้นบทเรียนใหม่เพื่อทดสอบความรู้พื้นฐานของผู้เรียนและเตรียมผู้เรียนให้พร้อมที่จะเรียนรู้เรื่องใหม่

2.3 คำถามการนำไปใช้ (Application) เป็นคำถามที่ใช้ถามวิธีการที่จะนำความรู้ไปใช้ในสถานการณ์ใหม่ ถามให้ยกตัวอย่างให้อภิปราย เช่น การเคลื่อนที่ของกล่องบนพื้นผิวไม้จะเคลื่อนที่ได้ช้ากว่าบนพื้นผิวพลาสติก เพราะเหตุใด

2.4 คำถามให้วิเคราะห์ (Analysis) เป็นคำถามที่ใช้ถามเพื่อให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์และหาความสัมพันธ์ขององค์ประกอบความรู้ในเรื่องนั้น ๆ เช่น อะไรเป็นสาเหตุให้ดวงจันทร์หมุนรอบโลก ถ้าชั่งน้ำหนักขณะลิฟต์เคลื่อนที่ขึ้น น้ำหนักที่ปรากฏจะเป็นเช่นไร เป็นต้น

การใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ หมายถึง กระบวนการเรียนรู้ที่มุ่งพัฒนากระบวนการทางความคิดของผู้เรียน โดยผู้สอนใช้คำถามถามผู้เรียนเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียน และคำถามจะนำไปสู่การได้มาซึ่งความรู้ใหม่หรือความเข้าใจในเรื่องที่กำลังเรียน อีกทั้งยังใช้คำถามเพื่อให้ผู้เรียนได้เกิดกระบวนการคิดวิเคราะห์ด้วย คำถามเชิงวิเคราะห์ ซึ่งมี 3 ประเภท คือ

1. คำถามวิเคราะห์ความสำคัญ เป็นคำถามที่ให้นักเรียนวิเคราะห์จุดเริ่มต้น ต้นกำเนิด ผลลัพธ์ สิ่งที่ซ่อนเร้น และความสำคัญของเรื่องราวทั้งหมด

2. คำถามวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นคำถามที่ทำให้นักเรียนใช้ความสามารถในการค้นหาความสำคัญย่อย ๆ ของเรื่องราว หรือเหตุการณ์นั้นว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร เหตุและผลมีความสอดคล้องหรือขัดแย้งกันอย่างไร

3. คำถามวิเคราะห์หลักการ เป็นคำถามที่ทำให้นักเรียนต้องใช้ความสามารถในการวิเคราะห์ว่าในแต่ละเรื่องราวนั้น ๆ ยึดถือหลักการหรือหลักปรัชญาใดเป็นแกนกลาง

2.5 คำถามให้สังเคราะห์ (Synthesis) เป็นคำถามที่ถามให้ผู้เรียนนำหน่วยย่อยรวมเข้าด้วยกัน และเป็นคำถามเพื่อให้ผู้เรียนใช้ความคิดที่คิดขึ้นด้วยตนเองหรือความคิดสร้างสรรค์ เช่น ให้นักเรียนออกแบบการทดลองกฎการเคลื่อนที่ของนิวตัน หรือนักเรียนมีความคิดเห็นต่อเซอร์ไอแซก นิวตัน อย่างไร

3. คำถามที่มีลักษณะของการนำไปสู่การฝึกทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ (สสวท., 2525, 89-92 อ้างถึงใน กิตติชัย สุธาสิโนบล, 2541, หน้า 34-35) ประกอบด้วย

3.1 คำถามที่นำไปสู่การสังเกต เป็นคำถามที่ต้องการให้ผู้เรียนใช้ประสาทสัมผัสทั้งห้าในการรวบรวมข้อมูลสำหรับวิเคราะห์และแก้ปัญหา

3.2 คำถามที่นำไปสู่การอธิบาย เป็นคำถามที่ต้องการให้ผู้เรียนใช้ข้อมูลแปลความหมายจากข้อมูลให้เหตุผลและสรุปผลในการตอบคำถาม เพราะเหตุใด

3.3 คำถามที่นำไปสู่การทำนายและการสร้างสมมติฐาน เป็นคำถามที่ต้องการให้ผู้เรียนคาดการณ์ว่าจะเกิดอะไรขึ้น หรือคำถามที่ให้ผู้เรียนสังเกตแล้วอธิบายปรากฏการณ์นั้น ๆ เช่น อะไรจะเกิดขึ้นถ้าเลื่อนจุดหมุนของคานออกห่างจากน้ำหนักที่ต้องยก เป็นต้น

3.4 คำถามที่นำไปสู่การออกแบบการทดลอง เป็นการทดลองที่ให้ผู้เรียนนำกฎเกณฑ์หรือความสัมพันธ์ของข้อมูลมาใช้ในการออกแบบการทดลองเพื่อทดสอบสมมติฐาน

3.5 คำถามที่นำไปสู่การนำไปใช้ เป็นคำถามที่ผู้เรียนใช้ความรู้ กฎเกณฑ์มาใช้ในสถานการณ์ใหม่หรือแก้ปัญหาใหม่ เช่น ทำไมจึงต้องออกแบบยางรถยนต์ให้มีดอกยาง และดอกยางควรมีลักษณะอย่างไร

นอกเหนือจากเกณฑ์การตั้งคำถามของผู้สอนที่ดีจะช่วยให้ผู้สอนสามารถจัดการเรียนการสอนได้ตรงตามวัตถุประสงค์แล้ว ยังช่วยให้ผู้เรียนเกิดการเรียนรู้ตามไปด้วย ซึ่งผู้สอนต้องมีเทคนิคการตั้งคำถามที่ดีด้วยโดย วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์ (2555, หน้า 12-64) ได้แนะนำเทคนิคในการตั้งคำถามที่ดีไว้ดังนี้

1. ตั้งคำถาม (Ask the question) ในการใช้คำถามเริ่มแรกอาจใช้คำถามกว้าง ๆ ก่อน หรือคำถามง่าย ๆ จากนั้นจึงจะใช้คำถามเฉพาะเจาะจงมากขึ้นตามวัตถุประสงค์ที่กำหนดไว้ ทั้งนี้ควรใช้คำถามที่ง่ายและยากสลับไป เพื่อให้ผู้เรียนที่เรียนอ่อนและเก่งสามารถตอบคำถามนั้น ๆ ได้ และควรจะกระจายคำถามไปให้ถึงผู้เรียนทุกคนไม่ควรให้ผู้เรียนคนใดคนหนึ่งผูกขาดการตอบคำถาม ทั้งนี้เพื่อให้ผู้เรียนทุกคนมีส่วนร่วมในการจัดการเรียนการสอน

2. ควรหยุดและคอยคำตอบ (Pause and wait) เมื่อถามคำถามไปแล้วผู้สอนควรเว้นช่วงระยะเวลาให้ผู้เรียนคิดค้นหาคำตอบ ซึ่งเวลาที่ใช้ในการรอคอยคำตอบนั้นขึ้นอยู่กับประเภทของคำถามว่ามีความยากง่ายอยู่ประมาณไหน โดยปกติคำถามที่ง่าย ๆ อาจใช้เวลาเพียง 1-2 วินาที ส่วนคำถามที่ยาก ๆ อาจใช้เวลา 3-7 วินาที โดยเฉพาะอย่างยิ่งคำถามที่ใช้ความคิดระดับสูง อาจใช้เวลา 7-10 วินาที เป็นต้น

3. การตอบสนองของผู้เรียนต่อคำถาม (Reacting to the response) ในกรณีที่ไม่มีผู้เรียนคนใดตอบคำถาม ผู้สอนควรใช้คำถามเดิมถามซ้ำอีกครั้ง (Repeat the question) และสอบถามผู้เรียนว่าเข้าใจคำถามหรือไม่ หรือผู้สอนอาจเรียบเรียงคำถามแล้วถามใหม่ (Rephrase) อีกครั้งด้วยใจความเดิม (Reword) หรือแตกเป็นคำถามย่อย ๆ หรือผู้สอนอาจเรียกชื่อผู้เรียนเป็นรายบุคคลก็ได้ ทั้งนี้ผู้สอนต้องประเมินด้วยว่าผู้ที่ถูกเรียกในชั้นสามารถช่วยกันตอบคำถามนั้นได้

4. ให้ความเห็นเกี่ยวกับคำตอบ (Comment on answer) เมื่อผู้เรียนตอบคำถามเสร็จเรียบร้อยแล้ว หากคำตอบนั้นถูกต้องหรือตอบได้ตรงประเด็น ผู้สอนควรเสริมแรงจูงใจให้แก่ผู้เรียนด้วยการชมเชย (Reinforce) ด้วยคำพูด เช่น เยี่ยมมาก ดีมาก หรือให้เพื่อนในห้องปรบมือให้แก่ผู้ที่ตอบคำถาม เป็นต้น แต่หากผู้เรียนตอบไม่ตรงคำถามหรือตอบถูกบางส่วนผู้สอนอาจถามคำถามนั้นกับผู้เรียนคนอื่น (Redirect) หรือถามคำถามเพิ่มเติม (Probing) ให้ผู้เรียนในชั้นสามารถช่วยกันตอบคำถามได้

5. เน้นคำตอบที่ถูกต้อง (Emphasize correct answer) ในขั้นตอนสุดท้ายของเทคนิคนี้ ผู้สอนควรเน้นเฉลยคำตอบที่ถูกต้องให้แก่ผู้เรียนทั้งห้องได้รับทราบโดยทั่วกัน

ในงานวิจัยนี้เลือกที่จะใช้รูปแบบของบลูม ซึ่งเป็นคำถามเชิงวิเคราะห์ เพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนมีส่วนร่วมในการเรียนและกระตุ้นให้ผู้เรียนคิดวิเคราะห์ คำถามเชิงวิเคราะห์ ประกอบด้วยคำถามวิเคราะห์ความสำคัญ คำถามวิเคราะห์ความสัมพันธ์ คำถามวิเคราะห์หลักการ

เพื่อที่จะส่งเสริมพัฒนาการด้านการคิดในระดับสูง โดยคำถามที่ใช้จะเป็นคำถามที่ท้าทายกระตุ้นให้นักเรียนทำกิจกรรมต่าง ๆ เพื่อเกิดการเรียนรู้ตามที่ได้วางแผนไว้

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

ความหมายของมโนทัศน์

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 3) กล่าวว่า คำว่ามโนมติมาจากศัพท์ภาษาอังกฤษ Concept บางคนใช้คำว่าความคิดรวบยอด สังกัป มโนทัศน์ หรือมโนภาพ ซึ่งมีความหมายเดียวกัน มโนมติเป็นเรื่องของแต่ละบุคคล การที่บุคคลใดสังเกตวัตถุหรือปรากฏการณ์ต่าง ๆ จะทำให้เกิดการรับรู้ บุคคลนั้นจะนำการรับรู้นี้มาสัมพันธ์กับประสบการณ์เดิมของเขา ทำให้เกิดมโนมติขึ้น ซึ่งความเข้าในแต่ละเรื่องจะขึ้นอยู่กับประสบการณ์และวุฒิภาวะของแต่ละบุคคล

สุวิทย์ มูลคำ (2551, หน้า 10) กล่าวว่า มโนทัศน์ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับการจัดกลุ่มสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่เกิดจากการสังเกต หรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้น แล้วใช้คุณลักษณะหรือคุณสมบัติที่มีลักษณะคล้ายคลึงกัน จัดเข้าเป็นสิ่งเดียวกัน ซึ่งจะทำให้เข้าใจสิ่งต่าง ๆ ได้ง่ายขึ้น ดังนั้น มโนทัศน์จะทำให้เราสามารถจำแนกสิ่งใหม่ ๆ และเข้าใจได้รวดเร็วตามประสบการณ์ของเราที่ผ่านมา

คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์ (2525, หน้า 28-30) ได้ให้ความหมายของมโนทัศน์ ว่าหมายถึง ความคิดความเข้าใจที่สรุปเกี่ยวกับสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งที่ได้จากการสังเกต หรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นหลาย ๆ รูปแบบ แล้วใช้คุณลักษณะร่วมของสิ่งนั้นหรือเรื่องนั้นมาประมวลเข้าด้วยกันทำให้เป็นข้อสรุป

ณรงค์ กาญจนะ (2553) สรุปว่า มโนทัศน์ คือ ความสามรถในการประสานข้อมูลที่มีอยู่เกี่ยวกับเรื่องใดเรื่องหนึ่งทั้งหมดได้อย่างไม่ขัดแย้ง แล้วนำมาสร้างเป็นความคิดรวบยอด หรือกรอบความคิดเกี่ยวกับเรื่องนั้น ๆ

ชนาธิป พรกุล (2554, หน้า 123) สามารถสรุปได้ว่า มโนทัศน์คือข้อความที่แสดงแก่นของเรื่องใดเรื่องหนึ่ง ซึ่งเกิดจากการรวบรวมลักษณะเฉพาะตัวของเรื่องนั้น เป็นการจัดลักษณะที่เหมือน ๆ กันของสิ่งของ เหตุการณ์ ประสบการณ์ หรือกระบวนการเข้าด้วยกันอย่างมีระเบียบขึ้นเป็นหน่วยความคิด ประเภท หมวดหมู่ หรือกลุ่มคล้ายคำจำกัดความ

อาร์ม โพธิ์พัฒน์ (2550, หน้า 58) กล่าวว่า มโนทัศน์ หมายถึง ความคิดรวบยอดจากความเข้าใจ จากการรับรู้โดยสิ่งเร้า เหตุการณ์ แล้วลำดับเป็นกระบวนการความคิดที่สามารถสร้างไว้อย่างเป็นระบบเป็นขั้นตอน จนสามารถนำมาคิดเป็นคำจำกัดความแล้วประมวลเป็นภาพหลักได้

จากความหมายของมโนทัศน์ที่ได้รวบรวมนั้น พอสรุปได้ว่า มโนทัศน์ หมายถึง ความคิด ความเข้าใจ การประมวลภาพและสรุปความรู้ขึ้นในใจ จากการได้รับประสบการณ์ต่าง ๆ แล้วสามารถจำแนกเป็นลำดับขั้นตอนได้

ดังนั้นจึงสรุปได้ว่า มโนทัศน์ หมายถึง ความคิดที่แสดงออกถึงความเข้าใจโดยสรุปต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่งของนักเรียนเกิดจากการสังเกตหรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นแล้วนำลักษณะต่างๆมาประมวลเข้าด้วยกันเป็นความคิดของตนเองในเรื่องนั้น ๆ แล้วสรุปเป็นความเข้าใจของตนเองได้

มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

ภพ เลาหไพบูลย์ (2542, หน้า 4) ให้ความหมายของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ว่า ความเข้าใจที่จะสรุปรวมลักษณะที่สำคัญ ๆ ของวัตถุหรือปรากฏการณ์อย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งแต่ละคนอาจมีมโนทัศน์ต่อสิ่งใดสิ่งหนึ่งที่แตกต่างกัน ขึ้นอยู่กับประสบการณ์และวุฒิภาวะของบุคคลนั้น มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์แบ่งออกได้ 3 ประเภท ดังนี้

1. มโนทัศน์เกี่ยวกับการแบ่งประเภท (Classification concepts) เป็นมโนทัศน์ที่เกี่ยวกับคำอธิบาย คำชี้แจงคุณสมบัติ และบอกลักษณะโดยรวม

2. มโนทัศน์ทางทฤษฎี (Theoretical concepts) เป็นมโนทัศน์ที่เกี่ยวกับลักษณะบางสิ่งบางอย่าง ปรากฏการณ์ที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่มีหลักฐานที่เป็นผลสนับสนุนว่าสิ่งนั้นมีอยู่ แล้วสร้างเป็นความเข้าใจของตนเอง

3. มโนทัศน์เกี่ยวกับความสัมพันธ์ (Correlational concepts) เป็นมโนทัศน์ที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล

วีระชาติ สวนไพรินทร์ (2531) แบ่งประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ไว้ 3 ประเภท

1. มโนทัศน์ที่เกี่ยวกับการแบ่งประเภท เป็นมโนทัศน์ที่เป็นการกำหนดคุณสมบัติร่วมของสิ่งต่าง ๆ ไว้เป็นหมวดหมู่ หรือใช้การบรรยายถึงสิ่งนั้นให้เข้าใจตรงกัน

2. มโนทัศน์ที่เกี่ยวกับความสัมพันธ์ เป็นมโนทัศน์ที่เป็นการกำหนดความสัมพันธ์ของมโนทัศน์ย่อยที่เกี่ยวข้องกันซึ่งจะช่วยในการพยากรณ์หรือคาดการณ์ล่วงหน้าในเหตุการณ์นั้น ๆ ได้

3. มโนทัศน์ทางทฤษฎี เป็นมโนทัศน์ที่เป็นการกำหนดสิ่งที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่รู้ว่าสิ่งนั้นมีจริง เพราะมีหลักฐานสนับสนุน

ชุติมา รอดสุด (2550) ได้สรุปประเภทของมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ โดยแบ่งออกเป็น 3 ประเภท คือ

1. มโนทัศน์เชิงทฤษฎี คือ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ไม่สามารถสังเกตได้โดยตรง แต่ศึกษาจากแนวคิดทฤษฎีที่นักวิทยาศาสตร์ได้เสนอไว้

2. มโนทัศน์เชิงบรรยาย คือ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่เกิดขึ้นจากการสังเกตด้วยประสาทสัมผัส และเชื่อมโยงลักษณะร่วมที่สำคัญ เกิดเป็นมโนทัศน์เกี่ยวกับสิ่งนั้น

3. มโนทัศน์เชิงความสัมพันธ์ คือ มโนทัศน์ที่บอกถึงความสัมพันธ์ระหว่างมโนทัศน์ย่อย ๆ หรือความสัมพันธ์ระหว่างเหตุและผล

จากการศึกษามโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ทำให้ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ดังนี้ หมายถึง กฎ หลักการ ทฤษฎี หรือแนวความคิดที่แสดงออกถึงความเข้าใจโดยสรุปต่อเรื่องใดเรื่องหนึ่งของนักเรียน ซึ่งเกิดจากการสังเกตหรือการได้รับประสบการณ์เกี่ยวกับสิ่งนั้นแล้วนำลักษณะต่าง ๆ มาประมวลเข้าด้วยกันแล้วสรุปเป็นความคิดของตนเองในเรื่องนั้น ๆ

ทฤษฎีและหลักการเกี่ยวกับมโนทัศน์

เฉลิมลาภ ทองอาจ (2551) กล่าวว่า การสร้างมโนทัศน์เกิดจากกระบวนการรับรู้ผ่านประสาทสัมผัส แล้วตีความหมายให้เกิดความรู้ความเข้าใจและเก็บข้อมูลไว้เป็นความจำ เมื่อได้รับข้อมูลชนิดเดิมซ้ำ ๆ ก็จะสามารถสร้างข้อสรุปเกี่ยวกับข้อมูลนั้นได้ แต่ถ้าได้รับข้อมูลที่ไม่มีประสบการณ์หรือไม่มีความรู้เดิมเรื่องนั้นมาก่อน สมองจะดำเนินการเปรียบเทียบข้อมูลกับลักษณะต้นแบบ แล้วนำผลไปจำแนกข้อมูลว่าเป็นมโนทัศน์หรือไม่ เมื่อเกิดมโนทัศน์กับสิ่งใดสิ่งหนึ่งแล้วจะทำให้สามารถอธิบาย นิยามลักษณะ กฎเกณฑ์ที่เกี่ยวข้อง พร้อมทั้งยกตัวอย่างเกี่ยวกับข้อมูลดังกล่าวได้

จิระ ดีช่วย (2554) ได้แบ่งองค์ประกอบของมโนทัศน์ออกเป็น 5 อย่าง ต่อไปนี้

1. ชื่อ เป็นคำจำกัดความ หรือข้อความที่ใช้เรียกกลุ่ม หมวดหมู่ของข้อมูลนั้น ๆ โดยใช้ลักษณะร่วมกันในการจำแนก เช่น ผลไม้ บ้าน สัตว์น้ำ เป็นต้น

2. ตัวอย่างมโนทัศน์ หมายถึง ส่วนของการรู้มโนทัศน์ คือการระบุตัวอย่างของมโนทัศน์ได้ถูกต้องและยกตัวอย่างสิ่งที่ใกล้เคียงแต่ไม่ใช่มโนทัศน์ได้

3. คุณลักษณะเฉพาะ หมายถึง คุณลักษณะเฉพาะที่สำคัญ เกณฑ์หรือคุณสมบัติร่วมกันที่จะใช้ในการจัดหมวดหมู่ของข้อมูลต่าง ๆ ไว้ในกลุ่มเดียวกัน

4. คุณค่าของลักษณะเฉพาะ ลักษณะเฉพาะบางอย่างมีคุณค่าหลายระดับ ซึ่งจะต้องพิจารณาคุณค่าของลักษณะเฉพาะในการจัดหมวดหมู่ด้วย เช่น เราจัดคลอรีนเป็นสารพิษ แต่เราใส่คลอรีนในน้ำประปาในปริมาณที่ฆ่าเชื้อโรคได้ ดังนั้น น้ำประปาเป็นน้ำที่ไม่ใช่ตัวอย่างของน้ำที่มีสารพิษ เพราะไม่เป็นอันตรายต่อมนุษย์และสิ่งมีชีวิตอื่น แต่ถ้าคลอรีนมีระดับมากจนเป็นพิษเราจึงจะจัดว่าน้ำประปาเป็นน้ำที่มีสารพิษ

5. กฎเกณฑ์หรือคำจำกัดความ เป็นการใช้นิยามข้อมูลที่มีลักษณะสำคัญของมโนทัศน์ เช่น การนิยามลักษณะของสามเหลี่ยม ว่าเป็นรูปที่มี 3 ด้าน การให้นิยามของมโนทัศน์

มักปรากฏเป็นขั้นตอนสุดท้ายของการเกิดมโนทัศน์ ซึ่งผู้สอนใช้เป็นเครื่องมือให้นักเรียนสรุปลักษณะเฉพาะที่สำคัญ การนิยามมโนทัศน์ให้ถูกต้องจะแสดงให้เห็นว่า นักเรียนมีความเข้าใจองค์ประกอบอื่น ๆ ของมโนทัศน์ได้เป็นอย่างดี

สุวัฒน์ นิยมค้า (2517, หน้า 17) ได้สรุปการสร้างมโนทัศน์ไว้ว่า เมื่อพบข้อมูลชุดใดชุดหนึ่งหรือปรากฏการณ์ใดปรากฏการณ์หนึ่ง ต้องสามารถหามโนทัศน์ของสิ่งนั้นได้ และต้องมองหาในรูปแบบอย่างใดอย่างหนึ่งใน 3 อย่าง คือ

1. มองให้เห็นสมบัติร่วมของข้อมูลหรือปรากฏการณ์
2. มองให้เห็นความสัมพันธ์ของข้อมูลหรือปรากฏการณ์
3. มองให้เห็นแนวโน้มของข้อมูลหรือปรากฏการณ์

เพราะเมื่อสามารถมองเห็นรูปแบบใดรูปแบบหนึ่งใน 3 อย่างของข้อมูลหรือปรากฏการณ์ก็จะสามารถรับมโนทัศน์ของสิ่งนั้นได้

การวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

หลังจากผู้สอนจัดกิจกรมการเรียนรู้ โดยใช้กระบวนการคิดเชิงมโนทัศน์ จำเป็นต้องตรวจสอบความคิดเชิงมโนทัศน์หรือความคิดรวบยอดของผู้เรียน โดยสามารถสรุปความสามารถของผู้เรียนที่เกิดความคิดรวบยอดแล้วได้ดังนี้ (สุวิทย์ มูลคำ, 2551, หน้า 81)

1. บอก ระบุ เรียกชื่อ ความคิดรวบยอดนั้นได้
2. คัดเลือก จำแนก แยกแยะ ยกตัวอย่าง และสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่างของความคิดรวบยอดนั้นได้
3. บอกลักษณะเฉพาะที่จำเป็นและไม่จำเป็นของความคิดรวบยอดนั้นได้
4. บอกลำดับขั้นของความคิดรวบยอดนั้น (ลำดับขั้นที่สูงกว่า ลำดับขั้นที่อยู่ในกลุ่มเดียวกัน และลำดับขั้นที่ต่ำกว่า) ได้
5. อธิบาย สรุปความหมาย คำจำกัดความของความคิดรวบยอดนั้นจากความรู้ความเข้าใจของตน ด้วยภาษาคำพูดของตนเองได้

ชนาธิป พรกุล (2554, หน้า 132-134) กล่าวว่า การวัดผลการเรียนรู้มโนทัศน์มีหลายระดับ ตั้งแต่ระดับที่มีความซับซ้อนน้อยไปจนถึงระดับที่มีความซับซ้อนมาก โดยแบ่งระดับการวัดผลออกเป็น 4 ระดับ ดังนี้

1. ความสามารถในการระบุลักษณะสำคัญและไม่ใช่ลักษณะสำคัญ
2. ความสามารถในการจำแนกสิ่งที่เป็นตัวอย่างและสิ่งที่ไม่ใช่ตัวอย่าง
3. ความสามารถในการระบุกฎของมโนทัศน์
4. ความสามารถในการใช้มโนทัศน์ในสถานการณ์อื่น

ชุติมา รอดสุด (2550) ได้สรุปแนวทางการวัดมโนทัศน์ได้ ดังนี้

1. ใช้แบบวัดมโนทัศน์แบบอัตนัย

2. ใช้แบบวัดมโนทัศน์แบบปรนัยตอนเดียว (One-tier multiple choice format) โดยกำหนดสถานการณ์ (Distracter) ให้เพื่อนำไปสู่ข้อคำถาม

3. ใช้แบบวัดมโนทัศน์แบบสองตอน

3.1 แบบมโนทัศน์แบบปรนัย 2 ตอน (Two-tier multiple choice format) โดยตอนที่หนึ่งเป็นคำถามเชิงเนื้อหา (Content question) และตอนที่สองเป็นเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่หนึ่ง

3.2 แบบมโนทัศน์แบบ 2 ตอน โดยตอนที่หนึ่งเป็นแบบปรนัยของข้อคำถามเชิงเนื้อหา (Content question) และตอนที่สองเป็นการเขียนเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่หนึ่ง

4. ใช้วิธีสอบปากเปล่า (Oral test)

Odum and Kelly (2000, pp. 619-620) ได้เสนอลำดับขั้นในการพัฒนาแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ และสรุปได้ดังนี้

1. ศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนจากการทำแบบวัดมโนทัศน์แบบเลือกตอบที่กำหนดให้เขียนเหตุผลสนับสนุนในการเลือกคำตอบ

2. สร้างแบบวัดมโนทัศน์แบบเลือกตอบ ซึ่งประกอบด้วยข้อคำถาม 2 ตอน (Two-tier multiple-choice format) คือ

2.1 ตอนที่ 1 เป็นข้อคำถามเชิงเนื้อหา (Content question) ซึ่งอาจมีตัวเลือก 2-4 ตัว

2.2 ตอนที่ 2 เป็นส่วนที่เกี่ยวกับเหตุผลสนับสนุนคำตอบที่เลือกในตอนที่ 1 ซึ่งมี 4 เหตุผลสนับสนุน ซึ่งบ่งออกเป็น 2 ส่วน ได้แก่

2.2.1 เหตุผลสนับสนุนคำตอบ 3 เหตุผลแรก สร้างขึ้นจากการศึกษามโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนของนักเรียน

2.2.2 เหตุผลสนับสนุนคำตอบเหตุผลที่ 4 มีลักษณะเป็นปลายเปิด

3. นำแบบวัดมโนทัศน์ไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย

จากการศึกษาแนวทางการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ผู้วิจัยสามารถสรุปได้ ดังนี้ แนวทางการวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มีลักษณะเป็นแบบวัดมโนทัศน์ที่แบ่งเป็น 2 ส่วน โดยส่วนที่ 1 จะมีลักษณะเป็นปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก เกี่ยวกับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ในเนื้อหาเรื่องนั้น ๆ ส่วนที่ 2 จะมีลักษณะเป็นอัตนัย ซึ่งเป็นการบอกเหตุผลในการเลือกตอบข้อนั้น

โดยมีเกณฑ์การให้คะแนนตามการจัดลำดับมโนทัศน์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์เทคโนโลยี ซึ่งได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนไว้ ดังนี้

1. มโนทัศน์ที่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบถูก และให้เหตุผลประกอบครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด ให้ 3 คะแนน

2. มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบถูกและให้เหตุผลถูกต้องแต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนสำคัญของแต่ละมโนทัศน์ ให้ 2 คะแนน

3. มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน หมายถึง คำตอบถูกต้อง แต่การให้เหตุผลอธิบายมีบางส่วนถูกต้องและบางส่วนไม่ถูกต้อง ให้ 1 คะแนน

4. ความเข้าใจผิด หมายถึง คำตอบถูกหรือผิดแต่การให้เหตุผลไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

การคิดวิเคราะห์

ความหมายของการคิดวิเคราะห์

การคิดวิเคราะห์มีประโยชน์อย่างมากในการช่วยพิจารณาเรื่องราวต่าง ๆ ทำให้บุคคลได้พิจารณาสิ่งที่เกิดขึ้นอย่างครบถ้วนรอบด้าน (ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2553, หน้า 67) มีนักการศึกษาหลายท่านได้ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ไว้ ดังนี้

ฆนัท ธาตุทอง (2554, หน้า 40) ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ว่า หมายถึง การจำแนก แยกแยะองค์ประกอบ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่ง ซึ่งอาจจะเป็นวัตถุ สิ่งของ เรื่องราว หรือ เหตุการณ์ และหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น เพื่อค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของสิ่งที่เกิดขึ้น

แบนจามิน บลูม (1956) กล่าวว่า การคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะเพื่อหาส่วนย่อยของเหตุการณ์ เรื่องราวหรือเนื้อหาต่าง ๆ ว่าประกอบด้วยอะไร มีความสำคัญอย่างไร อะไรเป็นเหตุและที่เป็นอย่างนั้นอาศัยหลักการอะไร

ณรงค์ กาญจนะ (2553, หน้า 8) ให้ความหมายเกี่ยวกับการคิดวิเคราะห์ โดยกล่าวว่า การคิดวิเคราะห์ คือ การจำแนก แจกแจงองค์ประกอบ ของสิ่งต่าง ๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งเข้าด้วยกัน และหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น เพื่อค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของสิ่งที่เกิดขึ้น โดยไม่ด่วนสรุปทันทีและมีสมมติฐานที่ว่า ทุกสิ่งที่เกิดขึ้นมานั้นย่อมมีที่มาที่ไป ย่อมมีเหตุผลและองค์ประกอบย่อย ๆ ซ่อนอยู่ภายใน ซึ่งจะสอดคล้องหรือตรงกันข้ามกับสิ่งที่ปรากฏออกมา ทำให้เราเข้าใจสิ่งเหล่านั้น

ชัยวัฒน์ สุทธิรักษ์ (2553, หน้า 69) กล่าวว่า การคิดวิเคราะห์ หมายถึง ความสามารถในการแยกแยะเพื่อสืบค้นข้อเท็จจริงของเหตุการณ์ เรื่องราวหรือเนื้อหาต่าง ๆ โดยการจำแนกแยกแยะ เปรียบเทียบข้อมูล จัดกลุ่มอย่างเป็นระบบ ตีความ และทำความเข้าใจกับองค์ประกอบของสิ่งนั้น โดยมีหลักฐานอ้างอิงเพื่อหาข้อสรุปที่น่าจะเป็นไปได้ และใช้กระบวนการทางตรรกะวิทยาในการสรุปตัดสินได้อย่างถูกต้องและสมเหตุสมผล

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2547, หน้า 24) ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ว่าเป็นความสามารถในการจำแนกแจกแจงและแยกแยะองค์ประกอบต่าง ๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งหรือเรื่องใดเรื่องหนึ่งซึ่งอาจจะเป็นวัตถุ สิ่งของ เรื่องราว หรือเหตุการณ์ และหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น เพื่อค้นหาสาเหตุที่แท้จริงของสิ่งที่เกิดขึ้น

สุวิทย์ มูลคำ (2551, หน้า 127) ให้ความหมายของการคิดวิเคราะห์ว่า การคิดวิเคราะห์ (Analytical thinking) หมายถึงความสามารถในการจำแนก แยกแยะองค์ประกอบต่าง ๆ ของสิ่งใดสิ่งหนึ่งซึ่งอาจจะเป็นวัตถุสิ่งของ เรื่องราว หรือเหตุการณ์และหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผลระหว่างองค์ประกอบเหล่านั้น เพื่อค้นหา สภาพความเป็นจริงหรือสิ่งสำคัญของสิ่งที่กำหนดให้

อาจสรุปได้ว่า การคิดวิเคราะห์ คือ ความสามารถในการพิจารณาไตร่ตรองแก้ปัญหาที่แม่นยำมีความละเอียดในการจำแนกแยกแยะ เปรียบเทียบข้อมูลเรื่องราวเหตุการณ์ต่าง ๆ อย่างชำนาญ โดยการหาหลักฐานที่มีความสัมพันธ์กันมาเชื่อมโยงหรือหาข้อมูลที่น่าเชื่อถือมาสนับสนุนหรือยืนยันเพื่อพิจารณาอย่างรอบคอบก่อนตัดสินใจว่าจะเชื่อหรือสรุปเรื่องราวนั้น ๆ

ลักษณะของการคิดวิเคราะห์

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์ (2547, หน้า 15-16) กล่าวถึง ลักษณะของการคิดวิเคราะห์และกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการคิดวิเคราะห์ไว้ว่า การจัดกิจกรรมต่าง ๆ ที่ประกอบเป็นการคิดวิเคราะห์แตกต่างไปตามทฤษฎี การเรียนรู้ โดยทั่วไปสามารถแยกแยะกิจกรรมที่เกี่ยวข้องกับการคิดวิเคราะห์ได้ดังนี้

1. การสังเกต จากการสังเกตข้อมูลมาก ๆ สามารถสร้างเป็นข้อเท็จจริงได้
2. ข้อเท็จจริง จากกการรวบรวมข้อเท็จจริง และการเชื่อมโยงข้อเท็จจริงบางอย่างที่ขาดหายไป สามารถทำให้มีการตีความได้
3. การตีความ เป็นการทดสอบความเที่ยงตรงของการอ้างอิง จึงทำให้เกิดการตั้งข้อตกลงเบื้องต้น
4. การตั้งข้อตกลงเบื้องต้น ทำให้สามารถมีความคิดเห็น
5. ความคิดเห็น เป็นการแสดงความคิดจะต้องมีหลักและเหตุผลเพื่อพัฒนาข้อวิเคราะห์

นอกจากนี้ยังเป็นกระบวนการที่อาศัยองค์ประกอบเบื้องต้นทุกอย่างร่วมกัน โดยทั่วไปนักเรียน

จะไม่เห็นความแตกต่างระหว่างการสังเกตและข้อเท็จจริง หากนักเรียนเข้าใจถึงความแตกต่างก็จะทำให้นักเรียนเริ่มพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ได้

สุวิทย์ มูลคำ (2551, หน้า 23-24) ได้จำแนกลักษณะของการคิดวิเคราะห์ไว้เป็น 3 ด้าน คือ

1. การวิเคราะห์ส่วนประกอบ เป็นความสามารถในการแยกแยะค้นหาส่วนประกอบที่สำคัญของสิ่งหรือเรื่องราวต่าง ๆ เช่น การวิเคราะห์ส่วนประกอบของพืช หรือเหตุการณ์ต่าง ๆ ตัวอย่างคำถาม เช่น อะไรเป็นสาเหตุสำคัญของการระบาดไข้หวัดนกในประเทศไทย

2. การวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นความสามารถในการหาความสัมพันธ์ของส่วนสำคัญต่าง ๆ โดยระบุความสัมพันธ์ระหว่างความคิด ความสัมพันธ์ในเชิงเหตุผล หรือความแตกต่างระหว่างข้อโต้แย้งที่เกี่ยวข้องและไม่เกี่ยวข้อง ตัวอย่างคำถาม เช่น การพัฒนาประเทศกับการศึกษามีความสัมพันธ์กันอย่างไร

3. การวิเคราะห์หลักการ เป็นความสามารถในการหาหลักความสัมพันธ์ส่วนสำคัญในเรื่องนั้น ๆ ว่าสัมพันธ์กันอยู่โดยอาศัยหลักการใด ตัวอย่างคำถาม เช่น หลักการสำคัญของศาสนาพุทธ ได้แก่อะไร

จะเห็นได้ว่า การวิเคราะห์นั้นจะต้องกำหนดสิ่งที่จะต้องวิเคราะห์ กำหนดจุดประสงค์ที่ต้องการจะวิเคราะห์ แล้วจึงวิเคราะห์อย่างมีหลักเกณฑ์ โดยใช้วิธีการพิจารณาแยกแยะ เทคนิควิธีการในการวิเคราะห์ เพื่อรวบรวมประเด็นสำคัญหาคำตอบให้กับคำถาม โดยมีลักษณะของการคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ วิเคราะห์ความสำคัญและวิเคราะห์หลักการของเรื่องราวหรือเหตุการณ์ต่าง ๆ

1. การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์ได้แก่ การเชื่อมโยงข้อมูล ตรวจสอบแนวคิดสำคัญและความเป็นเหตุเป็นผล แล้วนำมาหาความสัมพันธ์และข้อขัดแย้งในแต่ละสถานการณ์ได้

2. การคิดวิเคราะห์ความสำคัญ ได้แก่ การจำแนกแยกแยะความแตกต่างระหว่างข้อเท็จจริงและสมมติฐานแล้วนำมาสรุปความได้

3. การคิดวิเคราะห์หลักการ ได้แก่ การวิเคราะห์รูปแบบ โครงสร้าง เทคนิค วิธีการและการเชื่อมโยงความคิดรวบยอด โดยสามารถแยกความแตกต่างระหว่างข้อเท็จจริงและทัศนคติของผู้เขียนได้

บลูม (Bloom, 1956 อ้างถึงใน ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ, 2538, หน้า 41-44) กล่าวว่า การคิดวิเคราะห์เป็นความสามารถในการแยกแยะเพื่อหาส่วนย่อยของเหตุการณ์เรื่องราวหรือเนื้อหาต่าง ๆ ว่าประกอบด้วยอะไร มีความสำคัญอย่างไร อะไรเป็นเหตุ อะไรเป็นผล และที่เป็นเหตุอย่างนั้นอาศัยหลักการใด การวิเคราะห์แบ่งออกเป็น 3 อย่าง ดังนี้

1. วิเคราะห์ความสำคัญ หมายถึง การแยกแยะสิ่งที่กำหนดมาให้ว่าอะไรสำคัญหรือจำเป็นหรือมีบทบาทที่สุด ตัวไหนเป็นเหตุ ตัวไหนเป็นผล

2. วิเคราะห์ความสัมพันธ์ หมายถึง การค้นหาว่าความสำคัญย่อย ๆ ของเรื่องราวหรือเหตุการณ์นั้นเกี่ยวพันกันอย่างไร สอดคล้องหรือขัดแย้งกันอย่างไร

3. วิเคราะห์หลักการ หมายถึง การค้นหาโครงสร้างและระบบของวัตถุ สิ่งของเรื่องราวและการกระทำต่าง ๆ ว่าสิ่งเหล่านั้นรวมกันจนดำรงสภาพเช่นนั้นอยู่ได้เนื่องจากอะไรโดยยึดอะไรเป็นหลัก เป็นแกนกลาง มีสิ่งใดเป็นตัวเชื่อมโยงยึดถือหลักการใด มีเทคนิคอย่างไรหรือยึดคติใด

คุณสมบัติของคนที่เอื้อต่อการวิเคราะห์

สุวิทย์ มูลคำ (2551, หน้า 14) กล่าวว่า คุณสมบัติของคนที่เอื้อต่อการวิเคราะห์ มีดังนี้

1. ความรู้ความเข้าใจในเรื่องที่จะวิเคราะห์

การคิดวิเคราะห์ที่ดี ผู้คิดจะต้องมีความรู้ความเข้าใจพื้นฐานในเรื่องนั้น เพราะจะช่วยกำหนดขอบเขตการวิเคราะห์ จำแนกแจกแจง องค์ประกอบ จัดหมวดหมู่ ลำดับความสำคัญหรือหาสาเหตุของเรื่องราวเหตุการณ์ ได้อย่างชัดเจน

2. ช่างสังเกต ช่างสงสัย ช่างไต่ถาม

ช่างสังเกต สามารถเห็นหรือค้นหาความผิดปกติของสิ่งของหรือเหตุการณ์ที่ดูอย่างผิวเผินแล้วเหมือนไม่มีอะไรเกิดขึ้น ช่างสงสัย เมื่อเห็นความผิดปกติแล้วไม่ละเลย หยุดคิดพิจารณา ช่างไต่ถาม ชอบตั้งคำถามในสิ่งที่เกิดขึ้นอยู่เสมอ เพื่อนำไปสู่การขบคิดค้นหาความจริงในเรื่องนั้น

3. ความสามารถในการตีความ

การตีความเกิดจากการรับข้อมูลเข้ามาทางประสาทสัมผัส สมองจะทำการตีความข้อมูลโดยวิเคราะห์เทียบเคียงกับความทรงจำหรือความรู้เดิมที่เกี่ยวกับเรื่องนั้น เกณฑ์ที่ใช้เป็นมาตรฐานในการตัดสินใจจะแตกต่างกันไปตามความรู้ ประสบการณ์ และค่านิยมของแต่ละบุคคล

4. ความสามารถในการหาความสัมพันธ์เชิงเหตุผล

การคิดวิเคราะห์จะเกิดขึ้นเมื่อพบสิ่งที่มีความคลุมเครือ เกิดข้อสงสัย ตามมาด้วยคำถาม ต้องค้นหาคำตอบหรือความน่าจะเป็น ว่ามีความเป็นมาอย่างไร เหตุใดจึงเป็นเช่นนั้น จะส่งผลกระทบอย่างไร ซึ่งสมองจะพยายามคิดเพื่อหาข้อสรุป ความรู้ความเข้าใจอย่างสมเหตุสมผล

สรุปได้ว่า ความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เป็นความสามารถในการจำแนก แยกแยะองค์ประกอบต่างๆของข้อความที่เป็นปัญหาหรือสถานการณ์ที่กำหนดให้ของบุคคล ซึ่งข้อคำถามการวิเคราะห์ จะแบ่งเป็น ด้านความสำคัญ ความสัมพันธ์ และ หลักการ ซึ่งการวิเคราะห์แต่ละด้านจะมีรายละเอียดต่างกัน

การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์

ฆนัท ธาตุทอง (2554, หน้า 40) กล่าวถึงตัวบ่งชี้ที่จะแสดงว่าบุคคลมีการคิดวิเคราะห์ไว้ดังต่อไปนี้

1. สามารถแยกแยะส่วนประกอบต่าง ๆ ได้
2. สามารถแจกแจงรายละเอียดของส่วนประกอบต่าง ๆ ได้
3. สามารถนำเสนอข้อมูลการวิเคราะห์ให้เข้าใจได้ง่าย
4. สามารถตรวจสอบ จัดโครงสร้างความสัมพันธ์ขององค์ประกอบใหญ่ องค์ประกอบย่อยได้
5. นำเสนอข้อมูลการวิเคราะห์ และนำไปใช้ประโยชน์ได้

สมนึก ภัทริยธรณี (2549, หน้า 144-146) กล่าวว่า การวัดคิดวิเคราะห์ เป็นการใช้วิจารณญาณเพื่อไตร่ตรอง การแยกแยะพิจาณาดูรายละเอียดของสิ่งต่าง ๆ หรือเรื่องราวต่าง ๆ ว่ามีชิ้นส่วนใดสำคัญที่สุด สองชิ้นส่วนใดสัมพันธ์กันมากที่สุด และชิ้นส่วนเหล่านั้นอยู่รวมกันได้หรือทำงานได้เพราะใช้หลักการใด ซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ด้าน คือ

1. การวิเคราะห์ความสำคัญ หมายถึง การค้นหาความเกี่ยวข้องระหว่างคุณลักษณะสำคัญที่สุด หรือหาจุดเด่น จุดประสงค์สำคัญ สิ่งที่ซ่อนเร้น
2. การวิเคราะห์หาความสัมพันธ์ หมายถึง การค้นหาความเกี่ยวข้องระหว่างคุณลักษณะสำคัญของเรื่องราว หรือสิ่งต่าง ๆ ว่าสองชิ้นส่วนใดสัมพันธ์กัน
3. การวิเคราะห์หลักการ หมายถึง การให้พิจารณาดูชิ้นส่วน หรือส่วนปลีกย่อยต่าง ๆ ว่าทำงานหรือเกาะยึดกันได้ หรือคงสภาพเช่นนั้นได้เพราะใช้หลักการใดเป็นแกนกลาง จึงถามโครงสร้างหลัก หรือวิธีการที่ยึดถือ

สรุปได้ว่า การวัดความสามารถในการคิดวิเคราะห์ เป็นการวัดความสามารถในการแยกแยะองค์ประกอบต่าง ๆ โดยอาศัยหลักการวิเคราะห์ความสำคัญ การวิเคราะห์ความสัมพันธ์และการวิเคราะห์หลักการ

การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

การวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นวิธีวิจัยที่เกี่ยวข้องสัมพันธ์กับการพัฒนาคุณภาพการศึกษาตลอดจนการพัฒนาวิชาชีพครู เป็นการเปิดโอกาสให้ครูได้ค้นหาความรู้ และใช้การสะท้อนผลการปฏิบัติได้ด้วยตนเอง (พินันทร์ คงคาเพชร, 2552, หน้า 5)

ความหมายของการวิจัยปฏิบัติการ

มีนักวิชาการและนักการศึกษาให้ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการไว้หลายท่าน ดังต่อไปนี้

กิตติพร ปัญญาภิญโญผล (2541 อ้างถึงใน พินันทร์ คงคาเพชร, 2552, หน้า 5) กล่าวว่า การวิจัยปฏิบัติการ หมายถึง การศึกษาค้นคว้าเพื่อหาวิธีแก้ปัญหา ปรับปรุง เปลี่ยนแปลง เพื่อพัฒนาคุณภาพของงานที่ตนกำลังปฏิบัติอยู่ และขณะเดียวกันก็สร้างความเข้าใจถึงสภาพและกระบวนการของการเปลี่ยนแปลงที่เกิดขึ้น โดยผ่านกระบวนการของวงจรแบบบันไดเวียนข้อมูลที่รวบรวมได้ระหว่างดำเนินงานเป็นฐานของการปรับแก้ไขขั้นถัดไป

เคมมิส และแมกเทกการ์ด (Kemmis & McTaggart, 1988, p. 5 อ้างถึงใน พินันทร์ คงคาเพชร, 2552, หน้า 5) กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการ เป็นการศึกษาวิจัยอย่างหนึ่ง โดยคนมีส่วนในการปฏิบัติงานภายใต้สถานการณ์ทางสังคม โดยมีเป้าหมายเพื่อปรับปรุงคุณภาพงานให้มีหลักการและเหตุผล รวมทั้งเป็นการสร้างความเข้าใจในงานที่ตนกำลังปฏิบัติอยู่ ซึ่งผู้ทำการวิจัยอาจรวมถึง ผู้บริหาร ครู นักเรียน ผู้ปกครอง และผู้ที่มีความสนใจในแวดวงการศึกษาที่ได้ใช้ลักษณะการวิจัยเชิงปฏิบัติการในการพัฒนาหลักสูตร การพัฒนาวิชาชีพ โครงการในโรงเรียน การปรับปรุงระบบและนโยบายของโรงเรียน เป็นต้น

พินันทร์ คงคาเพชร (2552) สรุปว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการ หมายถึง การรวบรวมแสวงหาข้อเท็จจริง โดยใช้ขั้นตอนของกระบวนการทางวิทยาศาสตร์เพื่อให้ได้ข้อสรุป ที่จะนำไปสู่การแก้ปัญหา ผู้วิจัยจะต้องมีการปรับปรุง พัฒนา แก้ไข และดำเนินการวิจัยซ้ำหลายครั้ง จนผลการปฏิบัตินั้นบรรลุผลสำเร็จตามเป้าหมายที่ได้ตั้งไว้ โดยมีแนวทางการทำงานที่เชื่อมโยงกันระหว่างทฤษฎีและการปฏิบัติ

คงรัฐ นวลแปง (2547) กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการเป็นรูปแบบหนึ่งของการวิจัยเพื่อหาวิธีการแก้ไขและปรับปรุงที่ตนเองกำลังปฏิบัติอยู่ ซึ่งจะดำเนินการวิจัยควบคู่ไปกับการปฏิบัติงานอย่างมีระบบ โดยผลการวิจัยที่ได้จะนำไปใช้ในการปรับปรุงการปฏิบัติงาน และผลการวิจัยจะใช้ได้เฉพาะกรณีเท่านั้น

รูปแบบของกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ

ผ่องพรรณ ตรัยมงคลกูล (2544, หน้า 29) กล่าวว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการมีองค์ประกอบสำคัญ 3 ประการ คือ

1. การวางแผน (บนพื้นฐานของข้อมูลที่ได้จากการพินิจพิเคราะห์)
2. การปฏิบัติ
3. การประเมินผลการปฏิบัติ

เคมมิส และแมกเทกการ์ด (1988 อ้างถึงใน บัญชา แสนทวี, 2545, หน้า 5-6) ได้เสนอรูปแบบของกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการ โดยมีกิจกรรมในกระบวนการวิจัยนี้

1. วางแผน (Plan)
2. ปฏิบัติตามแผนและสังเกตผลการปฏิบัติ (Act and observe)
3. สะท้อนความคิด (Reflect)

โดยแต่ละขั้นตอนจะมีลักษณะการดำเนินการที่ต่อเนื่องเปรียบได้กับเกลียว (Spiral) ที่เกิดขึ้นจากผลของการสะท้อนความคิดที่อาจนำไปสู่การปรับแผนและเข้าสู่วงจรการวิจัยอีกครั้งหนึ่ง กระบวนการดำเนินงานจะต่อเนื่องกันเป็นวงจรของการวิจัยจนกว่าผลการปฏิบัติจะเป็นที่น่าพอใจหรือบรรลุตามความมุ่งหวังของผู้วิจัย

ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

เมื่อนำรูปแบบการวิจัยเชิงปฏิบัติการมาใช้ในแวดวงการศึกษา จึงมีการใช้คำที่เฉพาะเจาะจงขึ้นสำหรับเรียกชื่อรูปแบบการวิจัย ไม่ว่าจะเป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ในชั้นเรียน การวิจัยในชั้นเรียน การวิจัยของครู เมื่อพิจารณาแล้วคำเหล่านี้ต่างมีความหมายที่ใกล้เคียงกัน ดังนั้นในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะกล่าวถึงเฉพาะการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน โดยได้มีผู้ให้ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนไว้หลายท่านดังนี้

สมคิด ฟูคำมี (2539, หน้า 3) กล่าวว่าการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน เป็นการค้นคว้าหาความรู้ความจริงด้วยวิธีการที่เชื่อถือได้และเป็นระบบเพื่อนำข้อมูลที่ได้มาแก้ไขปัญหาปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน โดยครูเป็นผู้ทำวิจัยซึ่งมี 3 ขั้นตอน คือ 1) การวางแผน 2)ขั้นปฏิบัติการและรวบรวมข้อมูล 3) ขั้นทบทวนและประเมินผลเพื่อปรับแผน

กฤษณา พึ่งธรรม (2544, หน้า 11) ได้ให้ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนว่าเป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาและปรับปรุงการเรียนการสอนหรือพฤติกรรมของผู้เรียน โดยครูเป็นผู้ใช้กระบวนการวิจัย และดำเนินการอย่างมีขั้นตอน มุ่งเน้นในการแก้ปัญหาที่เกิดขึ้นในขณะที่มีการเรียนการสอนในชั้นเรียน

ประวิต เอราวรรณ์ (2542, หน้า 3) ได้ให้ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนไว้ว่า เป็นการศึกษาค้นคว้าของครูซึ่งจัดว่าเป็นผู้ปฏิบัติงานในชั้นเรียนเพื่อแก้ปัญหา (Problem solving) การจัดกิจกรรมการเรียนการสอนหรือพฤติกรรมของนักเรียน และคิดวิเคราะห์ (Critical thinking) เพื่อพัฒนานวัตกรรมการเรียนการสอน

อภิเชษฐ ศิริรัตน์ (2541, หน้า 5) และจันจิรา อินต๊ะเสาร์ (2542, หน้า 6) ได้ให้ความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนได้สอดคล้องกันว่าเป็นกระบวนการแสวงหาความรู้ที่น่าเชื่อถือ ซึ่งข้อมูลที่ได้จะนำมาใช้ในการปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนในชั้นเรียน

ครูผู้สอนเป็นผู้ดำเนินการวิจัยด้วยตนเองในขณะที่มีการเรียนการสอน โดยกระบวนการวิจัยเริ่มจากการสำรวจปัญหา หาสาเหตุของปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียน จัดทำแผนการสอน รวมถึงเลือกวิธีการสอนและสื่ออุปกรณ์การสอน โดยทำการเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยเครื่องมือวัดผลทางการเรียนและเครื่องมือวิจัย มีการวิเคราะห์ผลเพื่อนำมาปรับ ขั้นตอนการวิจัยและพฤติกรรมที่ไม่พึงประสงค์ของนักเรียนและจัดการสอนซ่อมเสริมจนครบเนื้อหา รวมถึงมีการติดตามผลเมื่อเรียนจบบทเรียนและนำผลที่ได้มาปรับแผนใหม่ต่อไป

จากความหมายของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนพอสรุปได้ว่า การวิจัยเชิปฏิบัติการในชั้นเรียนเป็นการวิจัยเพื่อพัฒนาปรับปรุงการเรียนการสอนและพฤติกรรมของผู้เรียน โดยครูจะเป็นผู้ดำเนินการวิจัยควบคู่ไปกับการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนอย่างมีระบบแบบแผนซึ่งจะเน้นที่การแก้ไขปัญหาที่เกิดขึ้นในชั้นเรียนของตนเอง

นอกจากนี้ ผ่องพรรณ ตรัยมงคลกูล (2544, หน้า 35-36) ทวีป ศิริรัศมี (อ้างถึงใน สมคิด ฟูคำมี, 2539, หน้า 5-7) และครุรักษ์ ภิรมย์รักษ์ (2544, หน้า 10-11) ได้กล่าวไว้ว่าการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนจะเป็นการวิจัยที่มีลักษณะเฉพาะเจาะจง และแตกต่างจากการวิจัยทางการศึกษาทั่วไป ซึ่งสรุปได้ดังนี้

1. การวิจัยมีจุดเริ่มต้นจากตัวครูเองที่พบปัญหาหรือข้อข้องใจในการสอนและต้องการปรับปรุงหรือแก้ไขปัญหานั้นด้วยวิธีการวิจัย

2. ขอบเขตของการวิจัยจะแคบและเฉพาะเจาะจง ไม่ว่าจะเป็นปัญหาการวิจัย กลุ่มที่ต้องการศึกษา และการนำผลการวิจัยไปใช้

3. ครูเป็นผู้ดำเนินการวิจัยโดยครูเป็นต้นคิดและเป็นเจ้าของงานวิจัย อาจเป็นการดำเนินการวิจัยโดยครูคนเดียวหรือโดยคณะครูร่วมกัน

4. การวิจัยจะดำเนินไปพร้อม ๆ กับการเรียนการสอนตามปกติ โดยให้การวิจัยเป็นส่วนหนึ่งของการเรียนการสอนเป็นการดำเนินงานภายใต้สภาพแวดล้อมทางสังคมปกติและไม่พยายามที่จะควบคุมตัวแปรโดยเคร่งครัดตลอดระยะเวลาของการวิจัยจะมีการเก็บรวบรวมข้อมูลต่าง ๆ มีการอภิปรายข้อมูลที่เก็บรวบรวมมาได้อย่างต่อเนื่อง

5. เป็นการวิจัยที่ไม่เน้นรูปแบบที่เป็นทางการมากนัก ซึ่งวิธีการวิจัยมีความยืดหยุ่นสามารถปรับให้เหมาะสมกับสภาพการเรียนการสอนหรือปัญหาที่พบขณะนั้นได้

6. เป็นการวิจัยที่ใช้ข้อมูลจากการสังเกตพฤติกรรมของผู้เรียน ซึ่งข้อมูลส่วนใหญ่เป็นข้อมูลเชิงคุณภาพ ไม่เน้นการวิเคราะห์ข้อมูลด้วยสถิติขั้นสูง

7. เครื่องมือที่ใช้ในการเก็บรวบรวมข้อมูลในระหว่างการดำเนินการวิจัยมักจะพัฒนาขึ้นอยู่เสมอตามสถานการณ์หรือเงื่อนไขที่เปลี่ยนแปลงไป

รูปแบบของกระบวนปรับปรุงหรือแก้ไขปัญหานั้นด้วยวิธีการวิจัย

บัญชา แสนทวี (2545, หน้า 7-8) ได้ปรับกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการของเคมมิส และแมกเทกการ์ด (Kemmis and McTaggart) มาใช้เป็นต้นแบบของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ซึ่งแบ่งกระบวนการวิจัยออกเป็น 4 ขั้นตอน ดังนี้

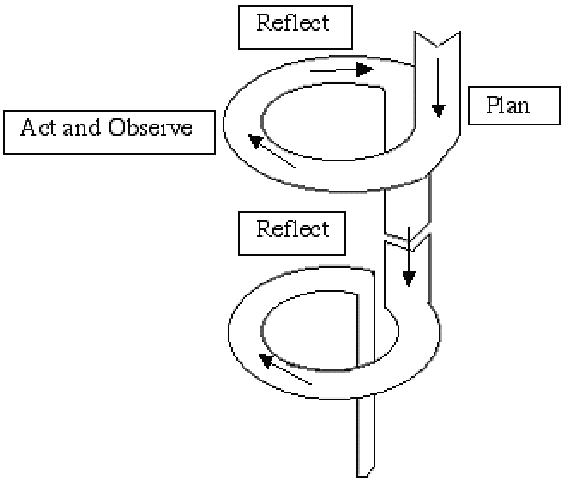
1. วางแผน (Plan) เป็นการกำหนดการทำงานที่ใช้ผลของการวิเคราะห์ และกำหนดประเด็นปัญหาที่ต้องการแก้ไขหรือพัฒนามาจัดทำเป็นแผนการปฏิบัติงานรวมถึงการเลือกนวัตกรรมและการนำไปใช้

2. ปฏิบัติตามแผน (Act) หลังจากที่ครูจัดทำแผนการวิจัยเสร็จเรียบร้อยแล้วครูนำแผนที่กำหนดไว้ไปปฏิบัติ

3. สังเกตผลที่เกิดจากการปฏิบัติงาน (Observe) เป็นขั้นตอนที่ครูสังเกตผลจากการปฏิบัติงานของตน พร้อมทั้งมีการเก็บรวบรวมข้อมูล ผลการใช้นวัตกรรม การวิเคราะห์ข้อมูล และนำเสนอผลที่ได้ไปวางแผนการปฏิบัติงานต่อไป

4. สะท้อนความคิด (Reflect) เป็นขั้นตอนที่ครูนำผลการใช้นวัตกรรมมาแปรผล อภิปรายผล ผลสรุปที่ได้จากขั้นตอนนี้จะนำไปสู่การปรับปรุงแก้ไขการปฏิบัติงานของครู ซึ่งสามารถนำผลที่ได้ไปวางแผนการปฏิบัติงานต่อไป

กระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนทั้ง 4 ขั้นตอนนี้ ครูจะดำเนินการอย่างต่อเนื่องเป็นวงจรของการปฏิบัติงาน ซึ่งแสดงได้ดังภาพที่ 2-2



ภาพที่ 2-2 วงจรการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนของบัญชา แสนทวี (ปรับจากรูปแบบการวิจัยของ Kemmis and McTaggart) ที่มา : บัญชา แสนทวี (2545, หน้า 8)

จากรูปแบบของกระบวนการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน จะเห็นได้ว่าส่วนใหญ่มีขั้นตอนหลัก ได้แก่ การวางแผน การปฏิบัติและการสังเกตผล และขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ ซึ่งขั้นตอนเหล่านี้จะเป็นกรอบของการวิจัยแบบกว้าง ๆ ดังนั้น ครูผู้สอนอาจจะปรับกระบวนการของการวิจัยให้เหมาะสมและสอดคล้องกับกิจกรรมการเรียนการสอนของตนเอง และควรปฏิบัติให้เป็นงานปกติที่อยู่ในการเรียนการสอนของตนอย่างต่อเนื่อง

ในปัจจุบันการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนนั้นมีความสำคัญต่อการจัดการเรียนการสอนอย่างมาก เนื่องจากผลของการวิจัยจะสะท้อนและทำให้เกิดการเปลี่ยนแปลงเกี่ยวกับการปฏิบัติการสอนของครูเพื่อให้ความเหมาะสมกับผู้เรียน นอกจากนี้ยังมีบทบาทสำคัญในการพัฒนาวิชาชีพครูอีกด้วย (พินันทร์ คงคาเพชร, 2552) สามารถสรุปลักษณะสำคัญของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนได้ดังนี้

ตารางที่ 2-2 ลักษณะของการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (สุวิมล ว่องวาณิช, 2548)

	ลักษณะของการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน
ใคร	ครูผู้สอนในชั้นเรียน
ทำอะไร	ทำการเสาะแสวงหาข้อมูลและวิธีการแก้ปัญหา
ที่ไหน	ที่เกิดขึ้นในห้องเรียน
เมื่อไร	ในขณะที่ทำการจัดการเรียนการสอน
อย่างไร	ด้วยวิธีการวิจัยเชิงปฏิบัติการที่มีวงจรการทำงานอย่างต่อเนื่องและสะท้อนลักษณะของการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนกลับ (Self-refection) มีขั้นตอนหลักคือ การทำงานตามวงจร PAOR (Plan, Act, Observe, Reflect) ลักษณะของการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน
เพื่อจุดมุ่งหมายใด	มีจุดมุ่งหมายเพื่อพัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนการสอนให้เกิดประโยชน์สูงสุดต่อผู้เรียนและมีประสิทธิภาพ
ลักษณะเด่นการวิจัย	เป็นกระบวนการวิจัยที่ทำอย่างรวดเร็ว ในกรณีที่เกิดปัญหาขึ้นในชั้นเรียนโดยครูผู้สอนนำเอาวิธีการแก้ปัญหาที่ตนเองคิดค้นขึ้นไปทดลองใช้กับผู้เรียนอย่างทันทีทันใดและสังเกตผลการแก้ปัญหานั้น

นิลรัตน์ นวกิจไพฑูรย์ (2554) ได้สรุปว่า การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนแบ่งออกได้เป็น 2 รูปแบบใหญ่ ๆ คือ

1. การปฏิบัติการวิจัยเพื่อทำความเข้าใจปัญหา หรือสถานการณ์ในชั้นเรียน โดยใช้ระเบียบวิธีวิจัยเชิงบรรยาย ซึ่งมีรูปแบบการวิจัยดังนี้

1.1 การสำรวจชั้นเรียน

1.2 การศึกษาเชิงสหสัมพันธ์

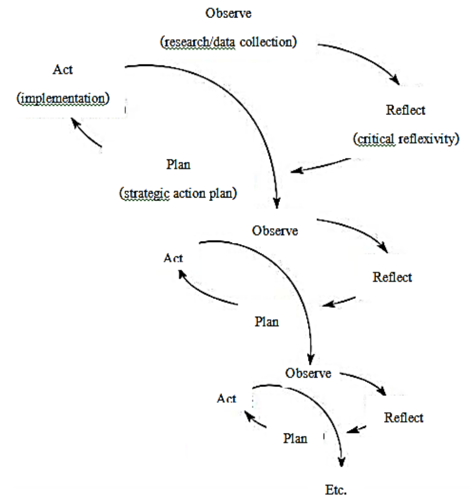
1.3 การศึกษาเฉพาะกรณี

1.4 การวิเคราะห์ปฏิสัมพันธ์ในชั้นเรียน

1.5 การศึกษานิเวศวิทยาในชั้นเรียน

1.6 การวิเคราะห์เนื้อหา

2. การดำเนินการวิจัยเพื่อแก้ปัญหาหรือพัฒนาผู้เรียน เป็นลักษณะการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนที่มุ่งเน้นการใช้ผลวิจัยสำหรับแก้ปัญหา พัฒนาผู้เรียน พัฒนาคุณภาพการจัดการเรียนการสอน โดยมีกระบวนการในการปฏิบัติ 4 ขั้นตอน คือ กระบวนการ PAOR ซึ่งประกอบด้วยการวางแผน (Plan) การปฏิบัติตามแผน (Act) การสังเกตตรวจสอบผลจากการปฏิบัติ (Observe) และการสะท้อนผล (Reflect) ซึ่งกระบวนการทั้ง 4 ขั้นตอน เป็นกระบวนการที่มีการปฏิบัติอย่างต่อเนื่องในลักษณะบันไดเวียน

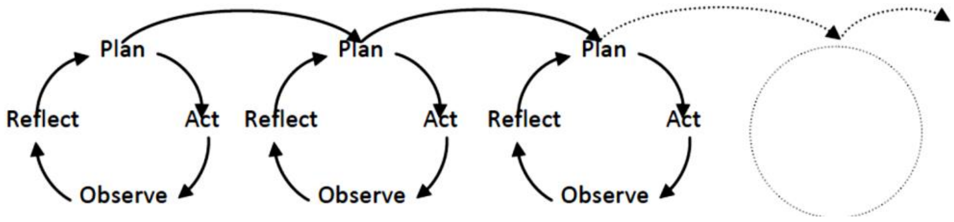


ภาพที่ 2-3 O' Leary's cycle (Koshy, 2010, p. 7)

โดยแนวคิดของโอ แลรี่ (O' Leary's, 2004 อ้างถึงใน Koshy, 2010, p. 7) ที่ปรากฏในภาพ 2-3 แสดงให้เห็นว่าการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนที่ประกอบด้วยขั้นตอนหลัก 4 ขั้นตอนตามวงจร PAOR ซึ่งมีความสอดคล้องกับการจัดการเรียนการสอนของครู (กิตติพร ปัญญาภิญโญผล, 2541)

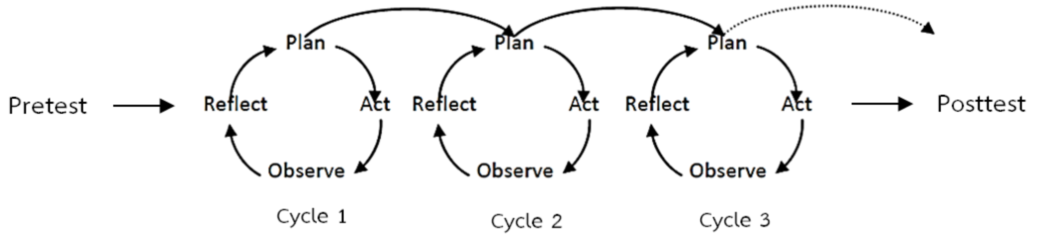
สุวิมล ว่องวาณิช (2548, หน้า 23) ได้สรุปขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนมีขั้นตอนในการปฏิบัติ ดังนี้

1. ขั้นการวางแผน (Plan) ประกอบด้วยกิจกรรมต่อไปนี้
    1.1 การวิเคราะห์และสำรวจปัญหา
    1.2 ขั้นศึกษาทฤษฎี เกี่ยวกับการจัดการเรียนรู้และเทคนิควิธีการจัดการเรียนรู้
    1.3 เลือกนวัตกรรมหรือวิธีการในการแก้ปัญหา
    1.4 การเขียนเค้าโครงการวิจัย
2. ขั้นการปฏิบัติตามแผน (Action) ประกอบด้วยกิจกรรมต่อไปนี้
    2.1 การสร้างแผนการจัดการเรียนรู้และการพัฒนานวัตกรรมที่ใช้ในการวิจัย
    2.2 การสร้างเครื่องมือวัดผลการเรียนรู้
    2.3 การปฏิบัติการสอน
3. ขั้นการสังเกตผลที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติตามแผน (Observe)
4. ขั้นการสะท้อนผลหรือการสะท้อนความคิด (Reflect)



ภาพที่ 2-4 วงจรการปฏิบัติการในชั้นเรียน (สุวิมล ว่องวาณิช, 2548, หน้า 23)

จากการศึกษาแนวคิดดังกล่าวข้างต้น สามารถสรุปขั้นตอนการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนออกเป็น 4 ขั้นตอนอย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง โดยมี 3 วงจร ดังภาพที่ 2-5



ภาพที่ 2-5 ขั้นตอนการทำวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน

โดยกระบวนการทั้ง 4 ขั้นตอน มีวิธีดำเนินการตามวงจรของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน ดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 วางแผน (Plan)

เป็นขั้นที่วิเคราะห์ปัญหาในการจัดการเรียนการสอนของครู นักเรียน เนื้อหาวิชาและสิ่งแวดล้อมเพื่อออกแบบแผนการจัดการเรียนรู้

ขั้นตอนที่ 2 ปฏิบัติ (Act)

เป็นขั้นการนำเอาแผนการจัดการเรียนรู้ไปใช้ในชั้นเรียนกับกลุ่มเป้าหมาย เช่น เนื้อหาที่เรียนมีทั้งหมด 3 แผน แผนละ 2 ชั่วโมง ก็จะใช้วงจรละ 1 แผน

ขั้นตอนที่ 3 สังเกต (Observe)

เป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นขณะดำเนินการสอนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งวงจรวิจัยหนึ่ง ๆ จะมีการสังเกตการณ์ เก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้เครื่องมือที่หลากหลาย อาจเก็บข้อมูลผู้เรียนเป็นรายบุคคลหรือเก็บข้อมูลผู้เรียนเป็นกลุ่มย่อย ซึ่งผู้วิจัยจะต้องเลือกใช้การสังเกตและเก็บรวบรวมข้อมูลให้เหมาะสม พิจารณาข้อดีข้อเสียของเครื่องมือแต่ละชนิด เพื่อรวบรวมข้อมูลให้มีประสิทธิภาพมากที่สุด ดังนี้

3.1 การบันทึกพฤติกรรมตามสภาพจริง (Field note)

3.2 แบบสอบถาม (Questionnaire)

3.3 การสัมภาษณ์ (Interview)

3.4 การใช้แบบทดสอบ (Test)

3.5 การใช้แบบสำรวจรายการ (Checklist)

3.6 การบันทึกเสียง (Tape recording) หรือ การใช้วีดิทัศน์ (Video tape recorder)

3.7 การใช้สังคมมิติ (Sociometric method)

ขั้นตอนที่ 4 สะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

ข้อมูลจากขั้นการสังเกตนั้นจะมีทั้งข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลเชิงบรรยาย ซึ่งจะนำมาทำการสรุปและสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาแนวทางการแก้ไขและพัฒนาคุณภาพของการจัดการเรียนการสอนในวงจรต่อไป

จากการศึกษาเอกสารที่เกี่ยวข้องกับการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนนั้น ผู้วิจัยได้ทำการนำเอาเลือกนำวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนเข้ามาเป็นรูปแบบการวิจัย ซึ่งเป็นการวิจัยที่มีการดำเนินการอย่างต่อเนื่องเป็นวงจรทั้งหมด 3 วงจร 4 ขั้นตอน ซึ่งเป็นการศึกษาข้อมูล ปัญหาและแนวทางแก้ไขการจัดการเรียนรู้ภายในชั้นเรียนได้อย่างมีประสิทธิภาพ ทำให้เกิดการนำไปสร้างแผนการจัดการเรียนรู้ที่สอดแทรกการบันทึกข้อมูลเชิงบรรยาย เพื่อทราบถึงปัญหาที่เกิดขึ้นผลการปฏิบัตินั้นจะทำให้เกิดการพัฒนาการจัดการเรียนการสอน รวมทั้งพัฒนามโนทัศน์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนของผู้เรียนตามไปด้วย

งานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

งานวิจัยภายในประเทศ

มนมนัส สุดสิ้น (2543, หน้า 78-79) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถด้านการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ประกอบการเขียนแผนผังมโนมติ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ประกอบการเขียนแผนผังมโนมติกับการสอนตามคู่มือครู มีผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ด้านความรู้ความจำ ด้านความเข้าใจ ด้านการนำไปใช้ ผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์ด้านทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และความสามารถในการคิดวิเคราะห์วิจารณ์แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ.01

กัญญา สิทธิศุภเศรษฐ์ (2548) ได้ศึกษาเรื่องผลการใช้กิจกรรมการตั้งคำถามที่มีต่อทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนแตกต่างกัน การศึกษาครั้งนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อเปรียบเทียบทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3 โรงเรียนปรินส์รอยแยลส์วิทยาลัย ระหว่างก่อนและหลังการใช้กิจกรรมการตั้งคำถามทั้งโดยรวมและจำแนกตามความสามารถทางการเรียนของนักเรียนคือนักเรียนกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการศึกษาคือ นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 3/8 ภาคเรียนที่1 ปีการศึกษา 2548 จำนวน 50 คน เครื่องมือที่ใช้ในการศึกษา คือ แผนการจัดการเรียนรู้ จำนวน 15 แผน และแบบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ โดยผู้วิจัยปฏิบัติการสอนด้วยตนเอง วิเคราะห์ข้อมูลโดยการหาคะแนนเฉลี่ยและทำการทดสอบค่าที(*t*-test) ด้วยโปรแกรม SPSS แล้วนำเสนอในรูปตารางประกอบความเรียง

ผลการศึกษา พบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการใช้กิจกรรมการตั้งคำถามมีทักษะการคิดวิเคราะห์สูงขึ้น และ นักเรียนที่ได้รับการสอนจากการจัดกิจกรรมการเรียนรู้โดยการใช้กิจกรรมการตั้งคำถามมีทักษะการคิดวิเคราะห์ด้านการจำแนกแยกแยะ ด้านการเปรียบเทียบ ด้านการเห็นความสัมพันธ์ และด้านการให้เหตุผลสูงขึ้น ทั้งโดยรวมและจำแนกตามความสามารถทางการเรียนของนักเรียน คือ นักเรียนกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน

ธวัชชัย คงนุ่ม (2550) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนมติในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 หลังจากได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้ พบว่า ค่าเฉลี่ยของคะแนนผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สูงขึ้นกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญที่ระดับ .01 และค่าเฉลี่ยของคะแนนมโนมติ เรื่องพลังงาน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้ สูงขึ้นกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ศิริญญา ทาคำถา (2550) ได้ทำการศึกษาความสามารถทางการคิดอย่างมีเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง อาหารและสารอาหาร ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง โดยมีกลุ่มตัวอย่างคือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 จำนวน 43 คน ที่ได้จากการสุ่มตัวอย่างแบบกลุ่ม ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูงมีคะแนนเฉลี่ยของความสามารถทางการคิดอย่างมีเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีคะแนนเฉลี่ยผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิชาวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

รุจาภา ประถมวงษ์ (2551) ได้ทำการศึกษาความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียนของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น เทียบกับการจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น ผลการวิจัยพบว่า จัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้นและจัดการเรียนรู้แบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น เป็นการจัดการเรียนการสอนที่ทำให้นักเรียนมีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน

ศิลา สงอาจินต์ (2551) ได้ศึกษาการคิดวิเคราะห์ ความสามารถในการแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ซึ่งแบบแผนการวิจัยเป็นแบบกึ่งทดลอง โดยใช้การทดสอบก่อนเรียนและหลังเรียน ผลการวิจัย

พบว่า นักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น มีความสามารถในการคิดวิเคราะห์ หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียน อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ที่ระดับ .01

มานิต พิทักษ์ (2553) ได้ศึกษาทักษะการคิดวิเคราะห์จากการอ่าน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ ในวิชาภาษาไทย พบว่า ทักษะการคิดวิเคราะห์หลังจากเรียนด้วยแผนการจัดการเรียนรู้โดยใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ สูงกว่าก่อนเรียน

สิโรฒม์ บุญเลิศ (2555) ได้ศึกษาผลสัมฤทธิ์ มโนมติทางวิทยาศาสตร์ และอภิปัญญา ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 กลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน ที่ได้รับการจัดการเรียนการสอน 5E ร่วมกับกลวิธีการสะท้อนอภิปัญญา พบว่า นักเรียนกลุ่มเก่ง กลุ่มปานกลาง และกลุ่มอ่อน มีผลสัมฤทธิ์ มโนมติ และมีภิปัญญา หลังเรียนด้วย รูปแบบการจัดการเรียนการสอนแบบ 5E ร่วมกับกลวิธีการสะท้อนอภิปัญญา สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผกาทิพย์ สังฆะมณี (2555) ได้ทำการศึกษาเกี่ยวกับ ผลของการใช้วิจัยเชิงปฏิบัติการในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) เรื่อง ระบบนิเวศ เพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยการนำวิจัยเชิงปฏิบัติการมาพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้ และศึกษาผลสัมฤทธิ์ที่เกิดขึ้นโดยใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) เรื่อง ระบบนิเวศ ผลการวิจัยพบว่า นักเรียนมีความสนใจ ตั้งใจเรียน รับผิดชอบในงานที่ได้รับมอบหมาย นักเรียนมีความมั่นใจ กล้าแสดงออกในทางที่ถูกต้อง มีการพัฒนาตัวเอง สนใจที่ค้นคว้าหาสิ่งใหม่ ๆ อยู่เสมอ นักเรียนสนใจและรักวิชาวิทยาศาสตร์มากขึ้น สังเกตได้จากการร่วมมือในการทำงานของนักเรียน กล้าที่จะถามข้อสงสัยจากครู กล้าที่จะเสนอแนะความคิดเห็นจากครู การสรุปผลรายงานทำได้ดีกว่าเดิม และสามารถนำความรู้ที่ได้ไปประยุกต์ใช้ในชีวิตประจำวันได้

สุริสา ไวแสน (2555) ที่ได้ทำการศึกษาทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 โดยใช้รูปแบบการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้คำถามและผังมโนมติ ในเรื่องสารละลายกรด-เบส พบว่าทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 สูงกว่าก่อนเรียน โดยหลังเรียนนักเรียนมีทักษะการคิดวิเคราะห์อยู่ในระดับดี ร้อยละ 83.3 และระดับดีมาก ร้อยละ 16.67

งานวิจัยต่างประเทศ

Klienman (1963) ได้สังเกตการสอนของครูจำนวน 33 คน ที่สอนวิชาวิทยาศาสตร์ทั่วไประดับเกรดแปด โดยสังเกตคนละหนึ่งครั้งแล้วใช้การถามคำถามในชั้นเรียนเป็นเกณฑ์ในการจำแนกครูออกเป็น 2 กลุ่ม เลือกครู 3 คน ที่ถามคำถามความคิดโดยใช้วิจารณญาณจำนวน 9 คำถามหรือมากกว่าเป็นกลุ่มสูงและเลือกครูที่ไม่เคยถามคำถาม ถามความคิดโดยใช้วิจารณญาณ

เป็นกลุ่มต่ำแล้วนแบบทดสอบวัดความเข้าใจวิทยาศาสตร์ ใช้แบบทดสอบนี้กับเด็กก่อนและหลังการทดลอง เมื่อใช้ *t*-test เปรียบเทียบความแตกต่างของคะแนนการสอบครั้งแรกและครั้งหลัง พบว่า แบบทดสอบฉบับแรกความคิดแบบวิเคราะห์เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แบบทดสอบฉบับ หลังคือ แบบทดสอบความคิดอย่างมีวิจารณญาณนั้น เด็กมีความสามารถเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติสี่ฉบับย่อย และอีกฉบับคือ ความสามารถในการประเมินข้อโต้แย้งของเด็กไม่แตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญ

Nasseri (1986) ได้วิจัยเพื่อพัฒนากิจกรรมการเรียนการสอนปฏิบัติการเคมีสำหรับนักเรียนมัธยมศึกษาในรัฐแคนซัส โดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้ โดยมีวัตถุประสงค์หลักคือพัฒนาความเข้าใจของมโนทัศน์พื้นฐานที่สำคัญ ๆ ในวิชาเคมี และศึกษาพัฒนาการทางสติปัญญา การเรียนรู้ การสอนที่แนสเซอรี่พัฒนาขึ้นนี้ ได้รับการตรวจทั้งด้านเนื้อหา รูปแบบ และเรื่องที่เกี่ยวข้องแล้วนำไปทดลองใช้กับนักเรียนระดับชั้นมัธยมศึกษาที่ Oberlin และ Hay ใน Kansas ของประเทศสหรัฐอเมริกา พบว่า นักเรียนมีความเข้าใจมโนทัศน์พื้นฐานได้เร็วและดีขึ้นกว่าการสอนแบบปกติหรือแบบบรรยายทั่ว ๆ ไป

Hedgepeth (1996) ได้เปรียบเทียบผลการสอนโดยใช้วัฏจักรการเรียนรู้กับการสอนแบบปกติของครูวิทยาศาสตร์ระดับมัธยมศึกษาปีที่ 2 โดยเลือกครูสอนธรณีวิทยามาจำนวน 3 คน และนักเรียน จำนวน 125 คน ซึ่งแบ่งเป็น 3 ห้องเรียน การเก็บข้อมูลใช้แบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและใช้แบบวัดระดับพัฒนาการด้านสติปัญญาซึ่งแบ่งออกเป็น 3 ระดับ คือ ขั้นปฏิบัติการคิดรูปธรรม ขั้นต่อเนื่องและขั้นปฏิบัติการคิดนามธรรม ผลการศึกษา พบว่า นักเรียนที่มีระดับสติปัญญาต่างกันมีคะแนนเฉลี่ยจากแบบทดสอบผลสัมฤทธิ์ไม่แตกต่างกันนักเรียนกลุ่มทดลองมีคะแนนเฉลี่ยหลังเรียนด้านความเข้าใจมโนมติมากกว่านักเรียนในกลุ่มควบคุมและนักเรียนกลุ่มทดลองที่สอน โดยครูที่มีประสบการณ์มากกว่าได้คะแนนเฉลี่ยหลังเรียนมากกว่านักเรียนกลุ่มทดลองที่สอนโดยครูที่มีประสบการณ์น้อยกว่า

Cepni, Sahin and Ipek (2010) ได้ทำการศึกษาผลของมโนทัศน์ เรื่องการจมการลอยที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 5E ร่วมกับเทคนิคทำนายสังเกตอธิบาย (POE) การเปลี่ยนกรอบมโนทัศน์ (CCT) และการใช้เนื้อหาสั้น ๆ ในรูปแบบการ์ตูนเพื่อสอนเกี่ยวกับแนวคิด (CC) โดยมีเป้าหมายเพื่อศึกษาผลการสอนหลังจากใช้วิธีการดังกล่าวแล้ว ที่มีต่อการเปลี่ยนมโนทัศน์เกี่ยวกับการจมการลอย โดยกลุ่มทดลองได้รับการเรียนรู้แบบ 5E ร่วมกับหลายเทคนิค และกลุ่มทดลองใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ 5E ของกระทรวงศึกษาธิการ พบว่ากลุ่มทดลองมีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ที่ถูกต้องหลังได้รับการสอนด้วยรูปแบบดังกล่าวสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ .05

จากงานวิจัยต่าง ๆ ทั้งในประเทศและต่างประเทศล้วนพบว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ และการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ สามารถพัฒนามโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนให้สูงขึ้นได้ ดังนั้นอาจกล่าวว่า การสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ และการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์เป็นอีกทางเลือกหนึ่งที่สามารถนำมาใช้ในการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนามโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ให้เกิดประสิทธิภาพที่ดีขึ้น

บทที่ 3
วิธีดำเนินการวิจัย

การวิจัยในครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ ซึ่งผู้วิจัยได้ทำการศึกษามโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ด้วยการใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม ในการศึกษาค้นคว้าครั้งนี้ผู้วิจัยได้ดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

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

กลุ่มเป้าหมาย

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี จำนวน 22 คน แบ่งเป็น ชาย 9 คน และหญิง 13 คน เป็นห้องเรียนที่เน้นคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์

รูปแบบการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้ เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการ(Action research) ตามแนวคิดของ Kemmis and McTaggart ผู้วิจัยได้ทำการศึกษามโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม ซึ่งผู้วิจัยแบ่งออกเป็นวงจรปปฏิบัติการ 3 วงจรอย่างเป็นระบบและต่อเนื่องซึ่งในแต่ละวงจรจะใช้แบบแผนการทดลองแบบ 4 ขั้นตอน (PAOR) จำนวน 14 ชั่วโมง โดยมีขั้นตอนดังนี้

ขั้นตอนที่ 1 วางแผน (Plan)

เป็นขั้นที่วิเคราะห์ปัญหาที่เกิดขึ้นในระหว่างการจัดการเรียนของครู นักเรียน เนื้อหาวิชา และบรรยากาศในการจัดการเรียนการสอน สังเกตจากชั้นเรียนที่ผู้วิจัยได้ใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์

ขั้นตอนที่ 2 ปฏิบัติ (Act)

เป็นขั้นการนำเอาแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการพัฒนาข้อบกพร่องแล้วไปใช้กับกลุ่มเป้าหมาย โดยมีทั้งหมด 7 แผน ในแต่ละวงจรประกอบไปด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ ดังนี้ วงจรที่ 1 แผนจัดการเรียนรู้ที่ 1 และ 2 วงจรที่ 2 ใช้ แผนจัดการเรียนรู้ที่ 3 และ 4 และวงจรที่ 3 ใช้แผนจัดการเรียนรู้ที่ 5, 6 และ 7

ขั้นตอนที่ 3 สังเกต (Observe)

เป็นกิจกรรมที่เกิดขึ้นขณะดำเนินการสอนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งวงจรวิจัยหนึ่ง ๆ จะมีการสังเกตการณ์ เก็บรวบรวมข้อมูล โดยใช้เครื่องมือที่หลากหลาย อาจเก็บข้อมูลผู้เรียนเป็นรายบุคคลหรือเก็บข้อมูลผู้เรียนเป็นกลุ่มย่อย เครื่องมือที่ผู้วิจัยเลือกใช้เช่น การใช้แบบทดสอบ การเขียนบันทึกหลังการสอนของครู บันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน และการสัมภาษณ์ เป็นต้น

ขั้นตอนที่ 4 สะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

ข้อมูลจากขั้นการสังเกตนั้นจะมีทั้งข้อมูลเชิงปริมาณ และข้อมูลเชิงบรรยาย ซึ่งจะนำมาทำการสรุปและสังเคราะห์ข้อมูลเพื่อหาแนวทางการแก้ไขและพัฒนาคุณภาพของการจัดการเรียนการสอนในวงจรต่อไป

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ จำนวน 7 แผน
2. แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 15 ข้อ
3. แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ

การสร้างและการหาคุณภาพเครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

1.1 ศึกษาสาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ในหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 และศึกษาคำอธิบายรายวิชาคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและฟิสิกส์ยุคใหม่ ในหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี

1.2 วิเคราะห์เนื้อหา และผลการเรียนรู้ที่คาดหวังของสาระการเรียนรู้วิชาวิทยาศาสตร์จากหลักสูตรสถานศึกษา กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี โดยกำหนดเนื้อหาในสาระที่ 3 เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม ซึ่งมีเนื้อหาประกอบ 7 แผน ใช้เวลาทั้งสิ้น 14 ชั่วโมง ดังรายละเอียดในตารางที่ 3-1

ตารางที่ 3-1 การกำหนดการสอนและจุดประสงค์การเรียนรู้ หน่วยการเรียนรู้ที่ 3 ฟิสิกส์อะตอม

หัวข้อการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)	น้ำหนัก
แผนจัดการเรียนรู้ที่ 1 - แบบจำลองอะตอมของโบร์	1. อธิบายแบบจำลองอะตอมไฮโดรเจนตามทฤษฎีอะตอมของโบร์ และ ความไม่สมบูรณ์ของทฤษฎีอะตอมของโบร์ และประยุกต์ใช้ทฤษฎีอะตอมของโบร์ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้	2	14
แผนจัดการเรียนรู้ที่ 2 - การแผ่รังสีของวัตถุดำ	2. อธิบายการแผ่รังสีของวัตถุดำและสมมติฐานของพลังค์ กฎการกระจัดของวีน และกฎของสเตฟาน-โบล์ทซ์มาน และนำไปแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้	2	14
แผนจัดการเรียนรู้ที่ 3 - การทดลองของฟรังซ์และเฮิร์ต	3. อธิบายการทดลองของฟรังซ์และเฮิร์ตได้	2	14
แผนจัดการเรียนรู้ที่ 4 - รังสีเอกซ์ และกฎของแบรกก์	4. อธิบายการค้นพบรังสีเอกซ์ สมบัติของรังสีเอกซ์ การเกิดรังสีเอกซ์ต่อเนื่อง และรังสีเอกซ์เฉพาะตัวได้ 5. อธิบายประโยชน์และโทษของรังสีเอกซ์ และประยุกต์ใช้กฎของแบรกก์ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้	2	14

ตารางที่ 3-1 (ต่อ)

หัวข้อการเรียนรู้	จุดประสงค์การเรียนรู้	เวลาเรียน (ชั่วโมง)	น้ำหนัก
แผนจัดการเรียนรู้ที่ 5 - ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก	6. การทดลองศึกษาปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกและประยุกต์ใช้สมการโฟโตอิเล็กทริกในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้	2	14
แผนจัดการเรียนรู้ที่ 6 - ปรากฏการณ์คอมป์ตัน	7. อธิบายปรากฏการณ์คอมป์ตัน และคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องได้	2	14
แผนจัดการเรียนรู้ที่ 7 - สมมติฐานของเดอบรอยล์ ทวิภาพของคลื่นและอนุภาค หลักความไม่แน่นอนของไฮเซนเบิร์ก	8. อธิบายสมมติฐานของเดอบรอยล์และคำนวณความยาวคลื่นของเดอบรอยล์จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้ 9. อธิบายทวิภาพของคลื่นและอนุภาคได้ 10. อธิบายหลักความไม่แน่นอนของไฮเซนเบิร์ก และคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องได้	2	14

1.3 ดำเนินการเขียนแผนจัดการเรียนรู้ สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โดยให้ครอบคลุมจุดประสงค์การเรียนรู้และเนื้อหาที่ใช้ในการทำวิจัย จำนวน 7 แผน ซึ่งโครงสร้างของแผนจัดการเรียนรู้แต่ละแผน ประกอบด้วย

1.3.1 ผลการเรียนรู้/ มาตรฐานการเรียนรู้

1.3.2 สาระการเรียนรู้

1.3.2 จุดประสงค์การเรียนรู้

1.3.3 กระบวนการจัดการเรียนรู้ ประกอบด้วย

1.3.3.1 ขั้นสร้างความสนใจ เป็นขั้นที่นำนักเรียนเข้าสู่บทเรียน หรือเรื่องที่น่าสนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองตามความสงสัย หรือเกิดจากความสนใจของตัวผู้เรียนเอง โดยครูจะสร้างสถานการณ์ขึ้น โดยใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจอยากรู้ อยากเห็น อยากจะทดลองหรือตอบข้อสงสัยของปัญหานั้น

1.3.3.2 ขั้นสำรวจและค้นหา เป็นขั้นที่นักเรียนทำความเข้าใจกับประเด็นปัญหาที่นักเรียนสนใจ และเปิดโอกาสให้นักเรียนใช้แนวความคิดที่มีอยู่แล้ว มาจัดความสัมพันธ์กับประเด็นปัญหาเข้าเป็นหมวดหมู่ โดยครูจะใช้คำถามกระตุ้นส่งเสริม และคำถามชี้แนะแนวทางให้นักเรียนปฏิบัติกิจกรรม ไปในแนวทางที่ได้กำหนดไว้

1.3.3.3 ขั้นตีความและลงข้อสรุป เป็นขั้นที่นักเรียนได้ข้อมูลอย่างเพียงพอจากการสำรวจตรวจสอบ จึงนำข้อมูลที่ได้มาวิเคราะห์ หรือสรุปผล และนำเสนอผลที่ได้โดยครูจะทำหน้าที่ป้อนคำถามและกระตุ้นให้นักเรียนอธิบายความรู้ที่นักเรียนมีอยู่ออกมาเป็นความคิดของนักเรียนเอง (มโนทัศน์) เพื่อมาใช้อธิบายหัวข้อที่กำลังศึกษาอยู่

1.3.3.4 ขั้นขยายความรู้ เป็นขั้นที่นักเรียนนำความรู้ที่ได้จากการสำรวจและตรวจสอบ เชื่อมโยงกับความรู้เดิมที่มีอยู่ หรือเชื่อมโยงกับสถานการณ์ใหม่ที่ครูสร้างขึ้น โดยคำถามที่ใช้จะเป็นคำถามที่ให้นักเรียนแสดงความคิดเห็นหลังจากที่ได้มีการเชื่อมโยงความรู้นั้นแล้ว ถ้าในกรณีที่ข้อมูลเกิดการผิดพลาดหรือคลาดเคลื่อนจากข้อเท็จจริง ครูจะใช้คำถามที่ชี้นำให้คิดเพื่อให้นักเรียนทราบข้อมูลที่ถูกต้อง

1.3.3.5 ขั้นประเมินผล เป็นขั้นที่ประเมินว่านักเรียนมีความรู้อะไรบ้าง และมีมากน้อยเพียงใด โดยให้นักเรียนแสดงความคิดเห็น หรืออธิบายความรู้

ในระหว่างการจัดการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) มีการแทรกคำถามเชิงวิเคราะห์ ซึ่งมี 3 ประเภท คือ

1. คำถามวิเคราะห์ความสำคัญ เป็นคำถามที่ให้นักเรียนวิเคราะห์จุดเริ่มต้น ต้นกำเนิด ผลลัพธ์ สิ่งที่ซ่อนเร้น และความสำคัญของเรื่องราวทั้งหมด

2. คำถามวิเคราะห์ความสัมพันธ์ เป็นคำถามที่ทำให้นักเรียนใช้ความสามารถในการค้นหาความสำคัญย่อย ๆ ของเรื่องราว หรือเหตุการณ์นั้นว่ามีความสัมพันธ์กันอย่างไร เหตุและผลมีความสอดคล้องหรือขัดแย้งกันอย่างไร

3. คำถามวิเคราะห์หลักการ เป็นคำถามที่ทำให้นักเรียนต้องใช้ความสามารถในการจับประเด็นว่าในเรื่องนั้น ๆ มีหลักการใดหรือหลักปรัชญาใดที่ใช้เป็นแกนกลาง

1.3.4 สื่อ/ แหล่งเรียนรู้

1.3.5 การวัดและประเมินผล

1.4 นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ผู้วิจัยสร้างเรียบร้อยแล้วเสนอต่อประธานและคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ เพื่อประเมินความเหมาะสมของแผนจัดกิจกรรมการเรียนรู้และนำข้อเสนอแนะที่ได้มาปรับปรุงแก้ไข

1.5 นำแผนการจัดการเรียนรู้ที่ได้รับการปรับปรุงแก้ไขแล้วเสนอต่อผู้เชี่ยวชาญ 5 ท่าน ซึ่งประกอบด้วยผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน ด้านการสอนวิทยาศาสตร์ ด้านการเรียนการสอนวิทยาศาสตร์โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ และด้านการวัดผลประเมินผล เพื่อประเมินความเหมาะสมของแผนจัดกิจกรรมการเรียนรู้ โดยเป็นแบบมาตราส่วนประมาณค่า (Rating scales) ซึ่งมีเกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

การประเมินเหมาะสม มีเกณฑ์การประเมิน ดังนี้

5 หมายถึง เหมาะสมมากที่สุด

4 หมายถึง เหมาะสมมาก

3 หมายถึง เหมาะสมปานกลาง

2 หมายถึง เหมาะสมน้อย

1 หมายถึง เหมาะสมน้อยที่สุด

จากนั้นนำความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญมาหาค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) และแปลความหมายโดยใช้เกณฑ์ ดังนี้

ค่าเฉลี่ย 4.51-5.00 หมายถึง แผนการสอนมีความเหมาะสมมากที่สุด

ค่าเฉลี่ย 3.51-4.50 หมายถึง แผนการสอนมีความเหมาะสมมาก

ค่าเฉลี่ย 2.61-3.40 หมายถึง แผนการสอนมีความเหมาะสมปานกลาง

ค่าเฉลี่ย 1.81-2.60 หมายถึง แผนการสอนมีความเหมาะสมน้อย

ค่าเฉลี่ย 1.00-1.80 หมายถึง แผนการสอนมีความเหมาะสมน้อยที่สุด

กำหนดเกณฑ์ค่าเฉลี่ยของความเหมาะสม คือ ถ้าค่าเฉลี่ยของความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญตั้งแต่ 3.51 ขึ้นไป และมีค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานไม่เกิน 1.00 จะถือว่าแผนจัดการเรียนรู้มีคุณภาพเหมาะสมในเบื้องต้น (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540, หน้า 117) ซึ่งได้ ค่าความเหมาะสมเฉลี่ยเท่ากับ 4.76 และส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเฉลี่ยเท่ากับ 0.39 จัดเป็นแผนการสอนที่มีความเหมาะสมมากที่สุด

1.6 ดำเนินการปรับปรุงแผนจัดการเรียนรู้ตามข้อเสนอแนะของผู้เชี่ยวชาญในประเด็นที่ไม่ผ่านเกณฑ์ คือ ปรับปรุงความถูกต้องของหลักภาษาไทย ตรวจสอบความถูกต้องของสมการที่ใช้ในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้ และมีข้อเสนอแนะเพิ่มเติมคือ เสนอแนะให้ยกตัวอย่างที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันเพื่อจะทำให้นักเรียนเข้าใจง่ายมากขึ้น

1.7. นำแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ที่ปรับปรุงเรียบร้อยแล้วไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/3 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี ซึ่งไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย จำนวน 23 คน

1.8 ปรับปรุงแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ จัดพิมพ์เป็นฉบับสมบูรณ์ เพื่อนำไปทดลองใช้จริงกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558

2. แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนการสร้าง ดังนี้

2.1 ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี เทคนิคการสร้างและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับการสร้างแบบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

2.2 ศึกษาหลักสูตรสถานศึกษาโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี คู่มือการจัดการเรียนรู้ กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ หนังสือและคู่มือครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เพื่อวิเคราะห์แนวคิดพื้นฐานและมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม

2.3 วิเคราะห์และกำหนดมโนทัศน์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม ในแต่ละจุดประสงค์การเรียนรู้ เพื่อสร้างตารางวิเคราะห์ข้อสอบในการวัดมโนทัศน์ ดังตารางที่ 3-2

ตารางที่ 3-2 จุดประสงค์การเรียนรู้และมโนทัศน์ในการเรียน เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม

จุดประสงค์การเรียนรู้	**มโนทัศน์**	**น้ำหนัก**	**จำนวนข้อสอบที่ออก**	**จำนวนข้อสอบที่ใช้จริง**
1. อธิบายแบบจำลองอะตอมไฮโดรเจนตามทฤษฎีอะตอมทฤษฎีอะตอมของโบร์ และความไม่สมบูรณ์ของทฤษฎีอะตอมของโบร์ และ ประยุกต์ใช้ทฤษฎีอะตอมของโบร์ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้	โบร์ได้ศึกษาแบบจำลองอะตอมโดยนำแบบจะลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ดมาแก้ไข โดยศึกษาสเปกตรัมการเปล่งแสงของธาตุ สรุปได้ว่า อิเล็กตรอนจะอยู่กันเป็นชั้น ๆ แต่ละชั้นเรียกว่าระดับพลังงาน อิเล็กตรอนที่อยู่ใกล้นิวเคลียสจะเสถียรมากเพราะมีประจุบวกจากนิวเคลียสดึงดูด การเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเล็กตรอน ไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนในระดับถัดกัน สามารถเปลี่ยนข้ามระดับพลังงานได้	10	3	2

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	มโนทัศน์	น้ำหนัก	จำนวนข้อสอบที่ออก	จำนวนข้อสอบที่ใช้จริง
2. อธิบายการแผ่รังสีของวัตถุดำและสมมติฐานของพลังค์ และกฎการกระจัดของวีนและกฎของสเตฟาน-โบล์ทซ์มาน และนำไปแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้	วัตถุดำเป็นวัตถุในอุดมคติ คือเป็นวัตถุที่สามารถดูดกลืนรังสีและเปล่งรังสีได้อย่างสมบูรณ์ การทดลองของพลังค์สามารถสรุปได้คือ อะตอมที่สั่นสามารถดูดกลืนและปล่อยพลังงานออกมาอย่างไม่ต่อเนื่อง ซึ่งเป็นจุด กำเนิดของ ทฤษฎีควอนตัม กฎการกระจัดของวีน และกฎของสเตฟาน-โบล์ทซ์มาน เป็นการอธิบายสเปกตรัมการแผ่รังสีของวัตถุดำ โดยใช้กลศาสตร์แผนเดิมและทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า ซึ่งให้ค่าที่ตรงกับผลการทดลองในช่วงความยาวคลื่นสูง ๆแต่ช่วงความยาวคลื่นต่ำ ๆ ไม่สามารถอธิบายได้	10	3	2
3. อธิบายการทดลองของฟรังซ์และเฮิร์ตได้	การทดลองของฟรังซ์และเฮิร์ตเป็นการสนับสนุนทฤษฎีอะตอมของโบร์ โดยให้อิเล็กตรอนวิ่งด้วยพลังงานจลน์เข้าชนกับอะตอมของปรอท จึงสรุปได้ว่า อะตอมมีระดับพลังงานเป็นชั้น ๆ มีค่าไม่ต่อเนื่อง	10	3	2
4. อธิบายการค้นพบรังสีเอกซ์ สมบัติของรังสีเอกซ์ การเกิดรังสี	วิลเฮล์ม เรินท์เกน ได้ทำการทดลองเกี่ยวกับรังสีแคโทด และสังเกตเห็นว่ามีการแผ่รังสีที่มีอำนาจทะลุสูง รังสีที่เกิดจะเดินทางเป็นเส้นตรงและไม่เกิด	10	3	1

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	มโนทัศน์	น้ำหนัก	จำนวนข้อสอบที่ออก	จำนวนข้อสอบที่ใช้จริง
เอกซ์ต่อเนื่อง และรังสีเอกซ์เฉพาะตัวได้	การเบี่ยงเบนในสนามไฟฟ้าและสนามแม่เหล็ก เรินท์เกนจึงตั้งชื่อให้รังสีนี้ว่า รังสีเอกซ์ ซึ่งมี 2 ประเภท คือ รังสีเอกซ์ต่อเนื่อง เกิดจากการที่อิเล็กตรอนในหลอดรังสีเอกซ์วิ่งไปชนอะตอมของโลหะที่เป็นเป้าแล้วสูญเสียพลังงาน โดยจะคายพลังงานนั้นออกมาในรูปคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความยาวคลื่นต่าง ๆ กัน ขึ้นกับพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอน และรังสีเอกซ์เฉพาะตัว เกิดจากการเปลี่ยนระดับพลังงานของอะตอมของโลหะที่เป็นเป้า รังสีเอกซ์ที่เกิดขึ้นจะมีค่าความยาวคลื่นเป็นค่าเฉพาะ			
5. อธิบายประโยชน์และโทษของรังสีเอกซ์ และประยุกต์ใช้กฎของแบรกก์ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้	ศึกษาการเลี้ยวเบนของรังสีเอกซ์ในผลึก พบว่า รังสีเอกซ์ที่ตกกระทบอะตอมในผลึกจะเกิดการกระเจิง และรังสีเอกซ์ ที่กระเจิงจะเหมือนคลื่นสะท้อน และรวมกันเกิดริ้วการแทรกสอด การแทรกสอดเสริมกันของรังสีจะเกิดที่มุม θ เพียงบางมุม สมการของแบรกส์ คือ $2d\sin\theta=n\lambda$ มีการนำรังสีเอกซ์มาประยุกต์ใช้ประโยชน์หลายด้าน เช่น ด้านการแพทย์ ใช้ในการช่วยแพทย์	10	3	2

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	มโนทัศน์	น้ำหนัก	จำนวนข้อสอบที่ออก	จำนวนข้อสอบที่ใช้จริง
	การแพทย์ ใช้ในการช่วยแพทย์ วินิจฉัยโรคที่เกิดกับอวัยวะต่าง ๆ เอกซ์เรย์กระดูก ด้านอุตสาหกรรม เช่น ใช้วัดความหนาของวัตถุ ใช้ตรวจหาอาวุธหรือระเบิดในกระเป๋าเดินทาง เป็นต้น			
6. ทำการทดลองศึกษาปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก และประยุกต์ใช้สมการโฟโตอิเล็กทริกในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้	ไอน์สไตน์คือผู้ที่สามารถอธิบายปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกได้สำเร็จเป็นคนแรก โดยใช้แนวคิดของพลังค์ในเรื่องควอนตัมของพลังงาน โดยปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก คือ ปรากฏการที่แสงทำให้เกิดไฟฟ้า จะเกิดขึ้นเมื่อ แสงมีความถี่เท่ากับหรือสูงกว่าความถี่ขีดเริ่ม กระแสโฟโตอิเล็กทริกจะมีค่าเพิ่ม ถ้าแสงนั้นมีความเข้มมากขึ้น และพลังงานจลน์สูงสุดของอิเล็กตรอน ไม่ขึ้นกับความเข้มแสง แต่ขึ้นอยู่กับความถี่ของแสงคลื่นต่าง ๆ กัน ขึ้นกับพลังงานจลน์ของอิเล็กตรอน และรังสีเอกซ์เฉพาะตัว เกิดจากการเปลี่ยนระดับพลังงานของอะตอมของโลหะที่เป็นเป้า รังสีเอกซ์ที่เกิดขึ้นจะมีค่าความยาวคลื่นเป็นค่าเฉพาะ	10	3	2

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	มโนทัศน์	น้ำหนัก	จำนวนข้อสอบที่ออก	จำนวนข้อสอบที่ใช้จริง
7. อธิบายปรากฏการณ์คอมป์ตัน และคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องได้	คอมป์ตัน ได้ทำการทดลองฉายรังสีเอกซ์โดยใช้ความยาวคลื่นเดียวไปยังแท่งกราไฟต์แล้ววัดความยาวคลื่นของรังสีเอกซ์ที่กระเจิงออกมาที่มุมต่าง ๆ กับแนวเดิม พบว่า รังสีเอกซ์ที่กระเจิงออกมาจะมีความยาวคลื่น 2 ประเภทคือประเภทหนึ่งจะมีความยาวคลื่นเท่าเดิมและอีกประเภทจะมีความยาวคลื่นยาวกว่าเดิมซึ่งขึ้นอยู่กับมุมที่กระเจิง ถ้ากระเจิงจากแนวเดิมมากก็จะมีความยาวคลื่นมากกว่าเดิมมาก เรียกว่า ปรากฏการณ์คอมป์ตัน สมการที่ใช้หาความยาวคลื่นที่เปลี่ยนไปคือ $\lambda_2 - \lambda_1 = \frac{h}{m_0 c}(1 - cos\emptyset)$	10	3	1
8. อธิบายสมมติฐานของเดอบรอยล์และคำนวณหาค่าความยาวคลื่นของเดอบรอยล์จากสถานการณ์ที่กำหนดให้ได้	แสงในสภาพทั่วไปจะแสดงคุณสมบัติความเป็นคลื่นออกมา เช่น การเลี้ยวเบนของแสง การแทรกสอดของแสง และไอน์สไตน์ยังพบว่า แสงแสดงคุณสมบัติเป็นอนุภาคได้ ซึ่งอธิบายแนวคิดดังกล่าวด้วย ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ดังนั้น เดอบรอยล์ จึงมีความคิดว่า เมื่อแสงแสดงคุณสมบัติอนุภาคได้ อนุภาคก็น่าจะแสดงคุณสมบัติเป็น	10	3	1

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	มโนทัศน์	น้ำหนัก	จำนวนข้อสอบที่ออก	จำนวนข้อสอบที่ใช้จริง
9. อธิบายทวิภาพของคลื่นและอนุภาคได้	คลื่นได้เช่นกันความยาวคลื่นของเดอบรอยล์หาได้จาก $\lambda = h/p = h/mv$ แสงมีสมบัติเป็นได้ทั้งคลื่นและอนุภาค De Broglie ได้ใช้สมบัติคลื่นของอนุภาคอธิบายเหตุผลของสมมติฐานข้อ 2 ของโบร์ เกี่ยวกับโครงสร้างอะตอม De Broglie อธิบายว่า การที่อิเล็กตรอนในอะตอมไฮโดรเจนวิ่งวนรอบนิวเคลียสได้โดยไม่แผ่พลังงานนั้น เนื่องมาจากอิเล็กตรอนเป็นคลื่น และโดยเหตุที่อิเล็กตรอนอยู่ในภาวะที่มีพลังงานคงที่ในวงโคจรพิเศษหนึ่ง ๆ ฉะนั้นคลื่นอิเล็กตรอนในวงโคจรนั้น ๆ ควรเป็นคลื่นนิ่ง (Standing wave) โดยมีเส้นรอบวงของแต่ละวงโคจรเป็นจำนวนเต็มของความยาวคลื่น นั่นคือ $2\pi r = n\lambda = \frac{nh}{mv}$ หรือ $mvr = \frac{nh}{2\pi} = n\bar{h}$	10	3	1
10. อธิบายหลักความไม่แน่นอนของไฮเซนเบิร์ก และคำนวณหาปริมาณที่เกี่ยวข้องได้	วิชากลศาสตร์ควอนตัมมีพื้นฐานมาจากความเป็นทวิภาพของคลื่นและอนุภาค คือ คลื่นอาจแสดงสมบัติเสมือนเป็นอนุภาค และอนุภาคอาจแสดงสมบัติเสมือนเป็นคลื่นได้	10	3	1

ตารางที่ 3-2 (ต่อ)

จุดประสงค์การเรียนรู้	มโนทัศน์	น้ำหนัก	จำนวนข้อสอบที่ออก	จำนวนข้อสอบที่ใช้จริง
	เช่นกัน ไฮเซนเบิร์ก ได้ตั้งหลักความไม่แน่นอนของไฮเซนเบิร์กขึ้น โดยมีใจความว่า ในการวัดปริมาณใด ๆ ก็ตาม จะมีความไม่แน่นอนในการวัดเกิดขึ้นเสมอ ซึ่งอาจเกิดจากตัวผู้วัด เครื่องมือวัด และวิธีการวัด โดยความไม่แน่นอนทางตำแหน่งและโมเมนตัมจะสัมพันธ์กัน คือ $(\Delta X)(\Delta P_x) \geq \bar{h}$ โดย ΔX เป็นความไม่แน่นอนในการวัดตำแหน่ง และ ΔP_x เป็นความไม่แน่นอนในการวัดโมเมนตัม			

2.4 สร้างแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ประกอบด้วยคำถาม 2 ส่วน โดยคำถามส่วนที่ 1 จะมีลักษณะเป็นปรนัยชนิด 4 ตัวเลือก ส่วนที่ 2 จะเป็นการให้เหตุผลว่าเพราะเหตุใดนักเรียนจึงเลือกคำตอบนั้น จำนวน 15 ข้อ มีข้อคำถามเกี่ยวกับเนื้อหาใน เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม เช่น

ข้อที่ 0 . วัตถุดำ คืออะไร

ก. วัตถุที่มีอัตราการแผ่รังสีในทุกความยาวคลื่น

ข. วัตถุที่มีอัตราการดูดกลืนรังสีในทุกความยาวคลื่น

ค. วัตถุที่มีอัตราการแผ่รังสีและดูดกลืนรังสีเท่ากันในทุกความยาวคลื่น

ง. วัตถุที่มีอัตราการสะท้อนและการปลดปล่อยเท่ากันรังสีในทุกความยาวคลื่น

เพราะ ....

....

....

2.5 กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนของคำถามส่วนที่ 2 ที่เป็นอัตนัย ตามวิธีการจัดลำดับมโนทัศน์ของสถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี เป็นแนวทางในการวิเคราะห์และให้คะแนน โดยได้กำหนดเกณฑ์การให้คะแนนไว้ ดังนี้

2.5.1 มโนทัศน์ที่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบถูก และให้เหตุผลประกอบครบองค์ประกอบที่สำคัญของแต่ละแนวคิด ให้ 3 คะแนน

2.5.2 มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ หมายถึง คำตอบถูกและให้เหตุผลถูกต้องแต่ขาดองค์ประกอบบางส่วนสำคัญของแต่ละมโนทัศน์ ให้ 2 คะแนน

2.5.3 มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน หมายถึง คำตอบถูกต้อง แต่การให้เหตุผลอธิบายมีบางส่วนถูกต้องและบางส่วนไม่ถูกต้อง ให้ 1 คะแนน

2.5.4 ความเข้าใจผิด หมายถึง คำตอบถูกหรือผิดแต่การให้เหตุผลไม่ถูกต้อง หรือไม่ตอบคำถาม ให้ 0 คะแนน

2.6 นำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น นำเสนอต่อประธานและคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์เพื่อพิจารณาความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และชี้แนะข้อบกพร่องพร้อมทั้ง ให้ข้อเสนอแนะในการแก้ไขปัญหา

2.7 ทำการตรวจหาความตรงตามเนื้อหาของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ โดยผู้เชี่ยวชาญจำนวน 5 ท่าน ซึ่งเป็นกลุ่มเดียวกันกับการตรวจหาความตรงตามเนื้อหาของแผนการจัดกิจกรรมการเรียนรู้ เพื่อพิจารณาตรวจสอบความสอดคล้องของข้อสอบรายข้อกับจุดประสงค์การเรียนรู้ โดยใช้ค่าดัชนีความสอดคล้อง IOC (Index of objective congruence) โดยใช้เกณฑ์การให้คะแนน ดังนี้

+1 หมายถึง แน่ใจว่าใช้ข้อสอบวัดจุดประสงค์ข้อนั้นได้

0 หมายถึง ไม่แน่ใจว่าใช้ข้อสอบวัดจุดประสงค์ข้อนั้นได้

-1 หมายถึง แน่ใจว่าใช้ข้อสอบวัดจุดประสงค์ข้อนั้นไม่ได้

โดยพิจารณาค่า IOC ตั้งแต่ 0.5 ขึ้นไป (พวงรัตน์ ทวีรัตน์, 2540, หน้า 117) จากข้างต้นได้ค่า IOC ตั้งแต่ 0.60-1.00

2.8 นำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม ที่ผ่านการตรวจและแก้ไขแล้ว เสนอต่อประธานและคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ตรวจพิจารณาอีกครั้ง

2.9 นำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ที่ปรับปรุงเรียบร้อยแล้วไปทดลองนำร่องกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/3 ซึ่งไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย จำนวน 23 คน ของโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558

2.10 นำแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์มาตรวจสอบให้คะแนน แล้วนำมาวิเคราะห์คะแนนรายข้อเพื่อหาค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ได้ค่าความยากง่ายตั้งแต่ .21-.69 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.20-0.28

2.11 ดำเนินการคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยคำนึงถึงความครอบคลุมจุดมุ่งหมายการเรียนรู้และโครงสร้างของข้อสอบที่กำหนด

2.12 นำแบบทดสอบมาหาค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบแบบอัตนัยโดยใช้สูตรหาค่าสัมประสิทธิ์แอลฟา (α- coefficient) ตามวิธีของ ครอนบัค (Cronbach) พบว่า ค่าความเชื่อมั่นเท่ากับ .91

2.13 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม จำนวน 15 ข้อ เพื่อนำไปใช้เป็นเครื่องมือในการศึกษาค้นคว้าต่อไป

3. แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ มีขั้นตอนการสร้างดังนี้

3.1 ศึกษาเอกสาร แนวคิด ทฤษฎี และการวัดการวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์

3.2 ศึกษาเทคนิคในการสร้างข้อสอบจากหนังสือต่าง ๆ ที่เกี่ยวข้องกับการสร้างข้อสอบ หนังสือการวัดผลและประเมินผล เพื่อเป็นแนวทางในการออกแบบทดสอบวัดทักษะการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์

3.3 สร้างแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ เป็นแบบปรนัย จำนวน 45 ข้อ ประกอบด้วยสถานการณ์ที่เกี่ยวข้องกับวิทยาศาสตร์ และบทความที่เกี่ยวข้องกับชีวิตประจำวันซึ่งครอบคลุมองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ได้แก่ ด้านการวิเคราะห์ความสำคัญ ด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และด้านการวิเคราะห์หลักการ โดยสร้างตารางวิเคราะห์เนื้อหาองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ดังตารางที่ 3-3

ตารางที่ 3-3 วิเคราะห์เนื้อหาองค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์

องค์ประกอบของการคิดวิเคราะห์	**จำนวนข้อสอบที่ออก**	**จำนวนข้อสอบที่ใช้จริง**
1. ด้านการวิเคราะห์ความสำคัญ	15	10
2. ด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์	15	10
3. ด้านการวิเคราะห์หลักการ	15	10
รวม	45	30

3.4 นำแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ที่สร้างขึ้น นำเสนอต่อประธานและคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ เพื่อพิจารณาความสอดคล้องของข้อคำถามกับจุดประสงค์การเรียนรู้ และชี้แนะข้อบกพร่อง พร้อมทั้งให้ข้อเสนอแนะในการแก้ไขปัญหา

3.5 นำแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ที่ได้ทำการปรับปรุงแก้ไขตามข้อเสนอแนะไปให้ผู้เชี่ยวชาญ จำนวน 5 ท่าน ประกอบด้วย ผู้เชี่ยวชาญทางการสอนวิทยาศาสตร์และการวัดผล เพื่อตรวจสอบลักษณะในเรื่อง สถานการณ์ การใช้คำถาม ภาษาที่ใช้ เนื้อหา เพื่อประเมินค่าความเหมาะสมและความสอดคล้อง (IOC) จากผลการประเมินของผู้เชี่ยวชาญพบว่า มีค่าดัชนีความสอดคล้องของข้อคำถามเท่ากับ 0.93

3.6 นำแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ที่ผ่านการตรวจและแก้ไขแล้วเสนอต่อประธานและคณะกรรมการควบคุมวิทยานิพนธ์ตรวจพิจารณาอีกครั้ง

3.7 นำแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ที่ปรับปรุงเรียบร้อยแล้วไปทดลองกับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/3 ซึ่งไม่ใช่กลุ่มเป้าหมาย จำนวน 23 คน ของโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี อำเภอบ้านบึง จังหวัดชลบุรี ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558

3.8 นำแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์มาตรวจสอบให้คะแนนแล้วนำมาวิเคราะห์คะแนนรายข้อเพื่อหาค่าความยากง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ได้ค่าความยากง่ายตั้งแต่ 0.42-0.63 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.25-0.50

3.9 ดำเนินการคัดเลือกข้อสอบที่มีค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกตามเกณฑ์ที่กำหนด โดยคำนึงถึงความครอบคลุมจุดมุ่งหมายการเรียนรู้และโครงสร้างของข้อสอบที่กำหนด

3.10 นำแบบทดสอบมาวิเคราะห์หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ทั้งฉบับ โดยใช้สูตรของคูเดอร์ ริชาร์ดสัน จากสูตร KR-20 จำนวน 30 ข้อพบว่า มีค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับเท่ากับ .69

3.11 จัดพิมพ์แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อเพื่อนำไปใช้กับกลุ่มเป้าหมายต่อไป

วิธีดำเนินการทดลองและเก็บรวบรวมข้อมูล

ผู้วิจัยดำเนินการตามขั้นตอนดังต่อไปนี้

1. ชี้แจงให้นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรีจังหวัดชลบุรี ให้เข้าใจวิธีการจัดกิจกรรมการเรียนการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ บทบาทของผู้เรียน เป้าหมายของการเรียน จุดประสงค์ของการเรียน และวิธีการวัดและประเมินผลการเรียน เพื่อให้นักเรียนได้ปฏิบัติตนได้อย่างถูกต้อง

2. ทดสอบก่อนเรียน (Pretest) โดยผู้วิจัยทดสอบนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 ด้วยแบบทดสอบวัดมโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ที่ผ่านการตรวจสอบคุณภาพ ปรับปรุงแก้ไขแล้ว

3. ดำเนินการสอน ตามแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ ใช้ระยะเวลาในการสอน 14 ชั่วโมง ในเรื่อง ฟิสิกส์อะตอม ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ดำเนินการสอนด้วยตนเอง และผู้วิจัยจะดำเนินการเป็น 4 ขั้นตอน และต่อเนื่องเป็น 3 วงจร ดังนี้

3.1 วงจรที่ 1 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1-2

3.2 วงจรที่ 2 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3-4

3.3 วงจรที่ 3 ประกอบด้วยแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5-7

4. ในระหว่างการจัดการเรียนรู้นั้น ผู้วิจัยจะทำการเก็บรวบรวมข้อมูลเชิงบรรยายของนักเรียน และการใช้แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ จากหลักฐานต่าง ๆ เช่น ไฟล์บันทึกเสียง การสัมภาษณ์ บันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน และบันทึกประจำวันของครู เป็นต้น

5. เมื่อสิ้นสุดการสอนตามกำหนดแล้วจึงทำการทดสอบหลังเรียน (Posttest) กับนักเรียนกลุ่มเป้าหมาย ด้วยแบบทดสอบวัดมโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งเป็นแบบทดสอบชุดเดียวกับที่ใช้ในการทดสอบก่อนเรียน (Pretest)

6. นำผลคะแนนที่ได้จากการตรวจแบบทดสอบวัดมโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ มาวิเคราะห์ทางสถิติ ส่วนข้อมูลเชิงพรรณนาจะนำมาสังเคราะห์ความรู้ ปัญหาที่ควรปรับปรุง และพัฒนาต่อไป

การวิเคราะห์ข้อมูล

ในการวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้สถิติพื้นฐานได้แก่ได้แก่ ค่าเฉลี่ย ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) และร้อยละ และการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูลที่เชิงบรรยาย

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล

1. สถิติพื้นฐาน

1.1 ร้อยละ (Percentage) คำนวณจากสูตรต่อไปนี้ (สมบัติ ท้ายเรือคำ, 2551, หน้า 199)

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

เมื่อ P แทน ค่าร้อยละ

f แทน ความถี่ที่ต้องการแปลงให้เป็นค่าร้อยละ

N แทน จำนวนความถี่ทั้งหมด

1.2 ค่าเฉลี่ยเลขคณิต (Mean) โดยคำนวณจากสูตร (สมนึก ภัททิยธนี, 2549, หน้า 237)

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

เมื่อ $\bar{X}$ แทน ค่าเฉลี่ยคะแนนของกลุ่มตัวอย่าง

$\sum X$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมด

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

1.3 ค่าส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน โดยคำนวณจากสูตร (สมนึก ภัททิยธนี, 2549, หน้า 249-250)

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

เมื่อ S แทน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานของคะแนน

$\sum X^2$ แทน ผลรวมของกำลังสองของคะแนนแต่ละตัว

$(\sum X)^2$ แทน ผลรวมของคะแนนทั้งหมดยกกำลังสอง

N แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มตัวอย่าง

2. สถิติที่ใช้ในการหาคุณภาพเครื่องมือ

2.1 หาความเที่ยงตรงเชิงเนื้อหาของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ โดยใช้ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์เชิงพฤติกรรม (IOC) (สมนึก ภัททิยธนี, 2549, หน้า 220)

$$\text{IOC} = \frac{\sum R}{n}$$

เมื่อ IOC แทน ดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบกับจุดประสงค์

$\sum R$ แทน ผลรวมของคะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญทั้งหมด

n แทน จำนวนผู้เชี่ยวชาญ

2.2 ค่าความยากง่ายง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ที่แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำโดยใช้เทคนิค 50% ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด โดยคำนวณจากสูตร

2.2.1 ค่าความยากง่ายง่ายของแบบทดสอบ (P)

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

เมื่อ P_E แทน ดัชนีค่าความยาก

S_u แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง

S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน

X_{max} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

X_{min} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

2.2.2 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ (r)

$$r = \frac{S_u - S_L}{N(X_{max} - X_{min})}$$

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนก

S_u แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง

S_L แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน

X_{max} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้สูงสุด

X_{min} แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบของกลุ่มเก่งหรือกลุ่มอ่อน

2.3 ค่าความยากง่ายง่าย (P) และค่าอำนาจจำแนก (r) ของแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ ที่แบ่งกลุ่มนักเรียนเป็นกลุ่มสูงและกลุ่มต่ำโดยใช้เทคนิค 50% ของจำนวนนักเรียนทั้งหมด โดยคำนวณจากสูตร

2.3.1 ค่าความยากง่ายง่ายของแบบทดสอบ (P)

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

เมื่อ P แทน ดัชนีค่าความยาก

R แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่งและกลุ่มอ่อน

N แทน จำนวนผู้เข้าสอบทั้งหมด

2.3.2 ค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบ (r)

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

เมื่อ r แทน ค่าอำนาจจำแนก

R_u แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มเก่ง

R_l แทน ผลรวมของคะแนนกลุ่มอ่อน

N_u แทน จำนวนของผู้เข้าทดสอบในกลุ่มสูง

N_l แทน คะแนนที่นักเรียนทำได้ต่ำสุด

2.4 หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ โดยการหาสัมประสิทธิ์แอลฟา (α-Coefficient) โดยใช้สูตรของครอนบาค (Cronbuch) (สมโภช อเนกสุข, 2553, หน้า 108) ดังนี้

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

เมื่อ α แทน สัมประสิทธิ์ความเชื่อมั่น

n แทน จำนวนข้อ

S_i^2 แทน คะแนนความแปรปรวนของแต่ละข้อ

S_t^2 แทน คะแนนความแปรปรวนทั้งฉบับ

2.5 หาความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ โดยวิธีการคูเดอร์ริชาร์ดสัน สูตรที่ 20 (KR-20) (สมโภช อเนกสุข, 2553, หน้า 115) ดังนี้

$$\text{K.R.}20 = \frac{n}{(n-1)}\left[1-\frac{\sum pq}{s^2}\right]$$

เมื่อ n แทน จำนวนของข้อคำถาม

p แทน สัดส่วนของผู้สอบที่ตอบได้คะแนน 1

q แทน สัดส่วนของผู้ตอบที่ตอบได้คะแนน 0

s^2 แทน ค่าความแปรปรวนของคะแนนรวมรายบุคคล

หาได้จากสูตร $s^2 = \frac{\sum (x-\bar{x})^2}{N}$

เมื่อ N แทน จำนวนคนที่ทำการทดสอบ

3. สถิติที่ใช้ในการตอบคำถามของการวิจัย ใช้การวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการสัมพัทธ์ คำนวณได้จากสูตร (ศิริชัย กาญจนวาสี, 2557)

$$DS\,(\%) = \frac{(Y-X)}{(F-Y)} \times 100$$

เมื่อ $DS\,(\%)$ แทน คะแนนร้อยละของการพัฒนาการของผู้เรียน

X แทน คะแนนวัดครั้งก่อน

Y แทน คะแนนวัดครั้งหลัง

F แทน คะแนนเต็ม

บทที่ 4
ผลการวิจัย

การวิจัยนี้การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Action research) โดยมีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษามโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ โดยผู้วิจัยนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ตามลำดับดังนี้

1. ผลการวิเคราะห์พัฒนาการด้านมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
2. ผลการวิเคราะห์พัฒนาการด้านการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์
3. ผลการวิเคราะห์ข้อมูลด้านมโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ตามวงจรที่ 1 ถึง วงจรที่ 3

สัญลักษณ์ที่ใช้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ทั้งนี้ในการนำเสนอผลการวิเคราะห์ข้อมูล ผู้วิจัยได้กำหนดสัญลักษณ์ที่ใช้ในการวิจัยดังนี้

n แทน จำนวนนักเรียนในกลุ่มเป้าหมาย

$\bar{x}$ แทน ค่าเฉลี่ยของคะแนน

SD แทน ค่าความเบี่ยงเบนมาตรฐานของข้อมูล

t แทน ค่าสถิติในการแจกแจงแบบ t

p แทน ค่าความน่าจะเป็นของความคลาดเคลื่อน

** แทน ความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผลการวิเคราะห์พัฒนาการด้านมโนทัศน์ทางวิชาวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม จำนวนข้อสอบทั้งหมด 15 ข้อ คิดเป็น 15 คะแนน ได้ผลดังตารางที่ 4-1

ตารางที่ 4-1 คะแนนพัฒนาการด้านมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม

คนที่	**คะแนนก่อนเรียน (15 คะแนน)**	**คะแนนหลังเรียน (15 คะแนน)**	**คะแนนพัฒนาการ (%)**
1	2.30	6.30	31.50
2	4.30	9.30	46.73
3	3.00	6.00	25.00
4	2.00	7.00	38.46
5	6.30	11.60	60.92
6	4.30	10.00	53.27
7	4.60	6.60	19.23
8	3.60	7.30	32.46
9	4.00	9.00	45.45
10	2.00	7.60	43.08
11	3.60	8.00	38.60
12	4.30	6.30	18.69
13	5.30	10.60	54.64
14	3.00	9.00	50.00
15	8.00	10.00	28.57
16	3.60	6.00	21.05
17	4.00	10.60	60.00
18	6.30	10.30	45.98
19	6.60	12.00	64.29
20	5.30	9.00	38.14
21	4.00	10.00	54.55
22	3.60	5.60	17.54
$\overline{X}$	4.27	8.55	40.37
SD	1.50	1.92	14.28

<u>หมายเหตุ</u> คะแนนพัฒนาการต่ำที่สุดเท่ากับร้อยละ 17.54
คะแนนพัฒนาการสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 64.29

จากตารางที่ 4-1 พบว่า คะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 4.27±1.50 และคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.55±1.92 ซึ่งเมื่อวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการแล้ว พบว่า นักเรียนมีคะแนนพัฒนาการอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีคะแนนพัฒนาการเฉลี่ยร้อยละ 40.37±14.28

หากพิจารณาคะแนนเป็นรายบุคคลจะพบว่ามีผู้เรียนจำนวนหนึ่งที่มีการพัฒนาทางด้านมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม ค่อนข้างน้อย เช่น คนที่ 1, 3, 7, 12, 16, 22 จากการสังเกตและสอบถามผู้เรียน พบว่า สาเหตุที่ทำให้นักเรียนยังมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอยู่ ซึ่งน่าจะมาจากพฤติกรรมในการเรียน ได้แก่ นักเรียนกลุ่มนี้จะเป็นนักเรียนกลุ่มที่มักจะเข้าเรียนช้า และขณะจัดกิจกรรมการเรียนการสอนนักเรียนจะไม่ค่อยร่วมแสดงความคิดเห็นร่วมกันกับสมาชิกภายในกลุ่ม มีการนำงานวิชาอื่นขึ้นมาทำ อีกทั้งนักเรียนยังมีความคิดเดิมคือ หากนักเรียนสอบตก นักเรียนสามารถสอบซ่อมใหม่ได้อีกครั้ง ทำให้นักเรียนไม่ให้ความสำคัญกับการสอบ ส่วนนักเรียนที่มีพัฒนาการด้านมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สูงเช่น คนที่ 5, 6, 17, 19, 21 พบว่า พฤติกรรมที่ส่งผลต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนนั้นได้แก่ นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนทุกขั้นตอน เมื่อมีข้อสงสัยเกิดขึ้นนักเรียนจะซักถามและหมั่นทบทวนความรู้สม่ำเสมอ บางครั้งนักเรียนยังมีการนำโจทย์ปัญหาที่นอกเหนือจากในห้องเรียนมาซักถามจึงทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง

ตารางที่ 4.2 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม โดยใช้ค่าทดสอบสถิติที (Paired samples *t*-test)

คะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	***n***	**คะแนนเต็ม**	$\bar{X}$	***SD***	***t***	***p***
ก่อนเรียน-หลังเรียน	22	15	4.28	1.49	13.445**	.000

<u>หมายเหตุ</u> ** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 4-2 พบว่า คะแนนเฉลี่ยด้านมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม มีค่าเท่ากับ 4.28 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 1.49 โดยหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ พบว่า นักเรียนมีคะแนนหลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

2. ผลการวิเคราะห์พัฒนาการด้านการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ จำนวน 30 ข้อ คิดเป็น 30 คะแนน ได้ผลดังตารางที่ 4-3

ตารางที่ 4-3 คะแนนพัฒนาการด้านการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์

คนที่	**คะแนนก่อนเรียน (30 คะแนน)**	**คะแนนหลังเรียน (30 คะแนน)**	**คะแนนพัฒนาการ (%)**
1	9.00	20.00	52.38
2	10.00	20.00	50.00
3	9.00	18.00	42.86
4	9.00	17.00	38.10
5	9.00	21.00	57.14
6	8.00	18.00	45.45
7	8.00	21.00	59.09
8	9.00	16.00	33.33
9	7.00	18.00	47.83
10	9.00	18.00	42.86
11	6.00	17.00	45.83
12	8.00	21.00	59.09
13	12.00	18.00	33.33
14	8.00	19.00	50.00
15	9.00	18.00	42.86

ตารางที่ 4-3 (ต่อ)

คนที่	คะแนนก่อนเรียน (30 คะแนน)	คะแนนหลังเรียน (30 คะแนน)	คะแนนพัฒนาการ (%)
16	12.00	22.00	55.56
17	11.00	19.00	42.11
18	11.00	22.00	57.89
19	8.00	18.00	45.45
20	8.00	20.00	54.55
21	8.00	21.00	59.09
22	7.00	22.00	65.22
$\overline{X}$	8.86	19.27	49.09
SD	1.52	1.76	8.55

หมายเหตุ คะแนนพัฒนาการต่ำที่สุดเท่ากับร้อยละ 33.33
คะแนนพัฒนาการสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 65.22

จากตารางที่ 4-3 พบว่า คะแนนการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ก่อนเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 8.86±1.52 และคะแนนมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนมีค่าเฉลี่ยเท่ากับ 19.27±1.72 ซึ่งเมื่อวิเคราะห์คะแนนพัฒนาการแล้ว พบว่า นักเรียนมีคะแนนพัฒนาการอยู่ในระดับปานกลาง โดยมีคะแนนพัฒนาการเฉลี่ยร้อยละ 49.09±8.55

หากพิจารณาคะแนนเป็นรายบุคคลจะพบว่ามีผู้เรียนจำนวนหนึ่งที่มีการพัฒนาทางด้านการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ค่อนข้างน้อย เช่น คนที่ 3, 4, 6, 8, 10, 11, 13, 15 จากการสังเกตและสอบถามผู้เรียน พบว่า พฤติกรรมที่ส่งผลต่อการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนได้แก่ การมีส่วนร่วมในชั้นเรียนคือนักเรียนไม่ค่อยแสดงความคิดเห็นร่วมกับเพื่อนในกลุ่ม อีกทั้งตัวข้อสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะเป็นบทความค่อนข้างยาว และมากถึง 10 บทความ และเนื้อหาไม่ค่อยสัมพันธ์กับเนื้อหา เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม โดยตรง ผู้เรียนจึงมองว่าเป็นเรื่องไกลตัวและไม่เห็นความสำคัญเท่าที่ควร ส่วนนักเรียนที่มีคะแนนพัฒนาการด้านการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มสูง เช่น คนที่ 1, 5, 7, 12 ,15, 22 พบว่า นักเรียนชอบอ่านหนังสือเพิ่มเติมที่เป็นเรื่องเกี่ยวกับความรู้รอบตัว และมักติดตามข่าวสารอยู่สม่ำเสมอ

ตารางที่ 4-4 คะแนนพัฒนาการรายด้านของการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ระหว่างก่อนเรียนและหลังเรียน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์

การคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์	**ก่อนเรียน**		**หลังเรียน**		**คะแนนพัฒนาการ (%)**		**ระดับพัฒนาการ**
	$\bar{x}$	***SD***	$\bar{x}$	***SD***	$\bar{x}$	***SD***	
ด้านความสำคัญ (10 ข้อ)	2.95	0.87	6.55	1.12	51.00	1.12	สูง
ด้านความสัมพันธ์ (10 ข้อ)	2.86	1.14	6.45	1.16	50.32	1.16	กลาง
ด้านหลักการ(10 ข้อ)	3.05	1.52	6.27	1.01	46.40	1.01	กลาง
รวมทั้งฉบับ (30 ข้อ)	8.86	1.51	19.27	1.76	49.09	8.55	กลาง

<u>หมายเหตุ</u> คะแนนพัฒนาการต่ำที่สุดเท่ากับร้อยละ 46.40
คะแนนพัฒนาการสูงที่สุดเท่ากับร้อยละ 51.00

จากตารางที่ 4-4 แสดงให้เห็นว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีคะแนนพัฒนาการของการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ เฉลี่ยร้อยละ 49.09 นักเรียนมีพัฒนาการอยู่ในระดับกลาง เมื่อพิจารณาการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์เป็นรายด้าน พบว่า ด้านการวิเคราะห์ความสำคัญมีคะแนนพัฒนาการสูงที่สุด ร้อยละ 51.00 รองลงมาเป็น ด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ร้อยละ 50.32 และด้านการวิเคราะห์หลักการ ร้อยละ 46.40 ตามลำดับ

ตารางที่ 4-5 ผลการเปรียบเทียบคะแนนเฉลี่ยด้านการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ โดยใช้ค่าทดสอบสถิติที (Paired samples *t*-test)

คะแนนคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์	***n***	**คะแนนเต็ม**	$\bar{x}$	***SD***	***t***	***p***
ก่อนเรียน-หลังเรียน	22	30	10.41	2.15	22.68**	.000

<u>หมายเหตุ</u>** มีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากตารางที่ 4-5 พบว่า คะแนนพัฒนาการเฉลี่ยรายด้านของการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 มีค่าเท่ากับ 10.41 คะแนน ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเท่ากับ 2.15 โดยหลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ พบว่า หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

3. ผลพัฒนาการด้านมโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์วงจรที่ 1 ถึงวงจรที่ 3 ซึ่งผู้วิจัยได้ดำเนินการเป็น 4 ขั้นตอน คือ การวางแผน (Plan) การปฏิบัติตามแผน (Action) การสังเกตผลที่เกิดขึ้นจากการปฏิบัติตามแผน (Observe) และการสะท้อนผล (Reflect) ในหนึ่งวงจร และต่อเนื่องทั้งหมด 3 วงจร ดังนี้

วงจรปฏิบัติที่ 1 ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ แผนที่ 1 และ 2

วงจรปฏิบัติที่ 2 ประกอบด้วย แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ แผนที่ 3 และ 4

วงจรปฏิบัติที่ 3 ประกอบด้วยแผน การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ แผนที่ 5, 6 และ 7

วงจรปฏิบัติที่ 1 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง แบบจำลองอะตอมของโบร์ และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การแผ่รังสีของวัตถุดำ

ผู้วิจัยได้ดำเนินการวิจัยเพื่อพัฒนามโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม โดยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ ได้แก่ แผนที่ 1-2 โดยผู้วิจัยดำเนินการวิจัยตามลำดับขั้นตอนของการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนดังต่อไปนี้

1. ขั้นวางแผน (Plan)

ผู้วิจัยได้วางแผนในการจัดการเรียนรู้ดังนี้

1.1 ศึกษาหลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551 หลักสูตรสถานศึกษา และเนื้อหาวิชาฟิสิกส์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6

1.2 จัดทำแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์เตรียมแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 เรื่อง แบบจำลองอะตอมของโบร์ และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 เรื่อง การแผ่รังสีของวัตถุดำ

1.3 จัดทำสื่อการเรียนรู้ต่าง ๆ รวมถึงแบบฝึกหัดท้ายบท และบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนในแต่ละแผนการจัดการเรียนรู้

1.4 จัดเตรียม และตรวจสอบเครื่องมือที่ใช้ในการวัดผลการสอบก่อนเรียน (Pretest) ของนักเรียน ได้แก่ แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 15 ข้อ และแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ พร้อมกระดาษคำตอบ ทั้งหมด 22 ชุด

2. ขั้นปฏิบัติ (Action) และ

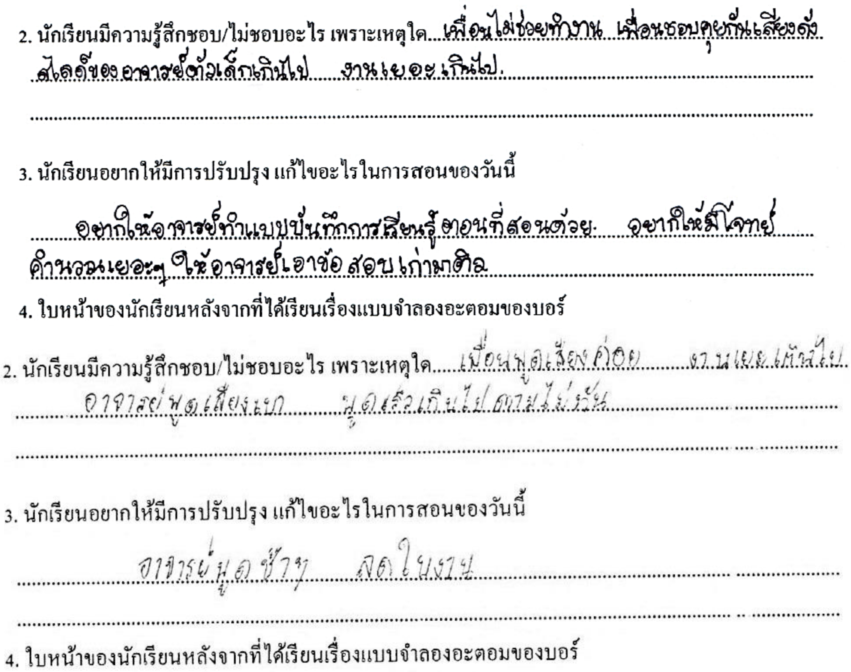
3. ขั้นสังเกตผลการปฏิบัติ (Observe)

แผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 1 เรื่อง แบบจำลองอะตอมของโบร์ จำนวน 2 ชั่วโมง

ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 ผู้วิจัยไม่สามารถจัดกิจกรรมการเรียนการสอนได้ตามแผนที่วางไว้ เนื่องจากปัจจัยหลายๆอย่าง เช่น นักเรียนยังไม่คุ้นชินกับรูปแบบการจัดการเรียนการสอนลักษณะดังกล่าว คือ เมื่อนักเรียนทำกิจกรรมครบตามแผนการจัดการเรียนที่วางไว้แล้วนักเรียนจะถูกประเมินทันทีโดยใช้แบบฝึกหัดท้ายบท และนอกจากนี้ผู้วิจัยยังได้แจกบันทึกการเรียนรู้ให้นักเรียนทุกคนหลังสิ้นสุดการจัดการเรียนการสอนในแต่ละแผนซึ่งนักเรียนจะต้องส่งภายในชั่วโมงเรียนนั้น และยังมีปัญหาในเรื่องของการเข้าเรียนสายของนักเรียน ทำให้การดำเนินการไม่เป็นไปตามแผนการที่วางไว้ นอกจากนี้จากการสังเกตและบันทึกหลังสอนของผู้วิจัยแสดงให้เห็นถึงมุมมองและปัญหาที่เกิดขึ้นระหว่างจัดการเรียนการสอน ได้แก่ มีนักเรียนจำนวน 5 คน เข้าห้องเรียนช้าเกินเวลาที่กำหนด ทำให้นักเรียนกลุ่มดังกล่าวพลาดคำถามบางข้อที่ผู้วิจัยใช้ในขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ผู้วิจัยจึงได้ทวนกติกาที่ตั้งไว้ในเรื่องของเวลาในการเข้าเรียนอีกครั้งและได้ถามคำถามที่นักเรียนกลุ่มดังกล่าวพลาดไป จากขั้นตอนการนำเข้าสู่บทเรียนทำให้ผู้วิจัยทราบว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่ผิดพลาดบางส่วน ซึ่งผู้วิจัยจึงได้ทวนความรู้เดิมในเรื่องแบบจำลองอะตอมแบบต่าง ๆ ตั้งแต่แบบจำลองอะตอมของดาลตัน ทอมสัน รัทเทอร์ฟอร์ด ว่ามีลักษณะใด และแบบจำลองอะตอมแต่ละแบบมีข้อบกพร่องอย่างไรอย่างคร่าว ๆ เพื่อให้นักเรียนพร้อมที่จะทำกิจกรรมในห้องเรียนต่อไป ในขั้นตอนสำรวจและค้นหาผู้วิจัยได้แบ่งนักเรียนออกเป็นกลุ่ม ซึ่งผู้วิจัยได้ให้นักเรียนแบ่งกลุ่มเองแต่สมาชิกในกลุ่มต้องคละชายหญิง กิจกรรมการเรียนรู้คือให้ผู้สืบค้นข้อมูลเรื่องแบบจำลองอะตอมของโบร์ว่า แบบจำลองดังกล่าวมีลักษณะแบบใด ใครเป็นผู้เสนอแนวคิด นอกจากเสนอแบบจำลองอะตอมแล้วยังมีการศึกษาเรื่องใดอีกและผลการศึกษาเป็นอย่างไร และแบบจำลองมีข้อบกพร่องอย่างไร เป็นเวลา 30 นาที พบว่า กิจกรรมดังกล่าวใช้เวลาในการทำกิจกรรมนานกว่าที่กำหนดเกือบไป 10 นาที นักเรียนบางคนไม่ช่วยเพื่อนทำงาน บางคนก็นอนฟุบลงที่โต๊ะ ผู้วิจัยจึงได้ว่ากล่าวตักเตือน นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนไม่มีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม อาจเกิดจากช่วงที่เรียนวิชานี้เป็นช่วงบ่ายและเป็น 2 ชั่วโมงสุดท้ายก่อนเลิกเรียน ในขั้นตอนการค้นคว้าของแต่ละกลุ่มนั้น พบว่า นักเรียนในแต่ละกลุ่มไม่สามารถเลือกมโนทัศน์หลักและมโนทัศน์รองได้เอง นักเรียนพยายามที่จะถามผู้วิจัยมากกว่าที่จะร่วมกันวิเคราะห์ว่า

ควรจะนำเสนอเรื่องใดบ้าง ในขั้นอธิบายและลงข้อสรุป ซึ่งเป็นขั้นตอนที่ให้นักเรียนแต่ละกลุ่มมานำเสนอผลการค้นคว้า พบว่า มีนักเรียนบางกลุ่มไม่ให้ความสนใจในการนำเสนอของเพื่อน อาจเพราะการนำเสนอหน้าชั้นเรียนของนักเรียนใช้เสียงเบา ทำให้กลุ่มอื่นไม่สนใจ นอกจากนี้นักเรียนยังพยายามที่จะซ้อมการนำเสนอในกลุ่มของตนเอง ซึ่งผู้วิจัยก็ได้ตักเตือนและชี้ให้เห็นว่าการรับฟังการนำเสนอของเพื่อนนั้นจะทำให้เห็นข้อดีและข้อบกพร่องในการนำเสนอของเพื่อนและสามารถปรับใช้กับกลุ่มเราได้ อีกทั้งนักเรียนจะได้รู้ว่าเพื่อนนำเสนอประเด็นไหนแล้วประเด็นนั้นในกลุ่มของตนมีประเด็นนั้นหรือไม่ และสิ่งที่เพื่อนกลุ่มอื่นสรุปนั้นมีความเหมือนหรือต่างจากกลุ่มเราตรงไหนอย่างไร ซึ่งทำให้นักเรียนทั้งห้องสนใจการนำเสนอหน้าชั้นเรียนมากขึ้น เมื่อนักเรียนแต่ละกลุ่มรายงานเสร็จแล้วผู้วิจัยและนักเรียนได้ร่วมกันสรุปความรู้โดยผู้วิจัยได้ใช้สื่อเพาเวอร์พอยส์ประกอบ ขณะดำเนินการเรียนการสรุปมีนักเรียนบอกผู้วิจัยว่า “อาจารย์ค่ะตัวหนังสือบนสไลด์เล็กไปค่ะ และอาจารย์พูดช้า ๆ หน่อยค่ะ หนูตามไม่ทัน” ขั้นต่อมาเป็นขั้นขยายความรู้ ผู้วิจัยได้ยกตัวอย่างการคำนวณที่เกี่ยวข้องกับเรื่องแบบจำลองอะตอม นักเรียนให้ความสนใจและชอบที่จะคำนวณมากกว่าการเรียนเนื้อหา ในส่วนของการตอบคำถามในระหว่างการจัดกิจกรรมการเรียนรู้นั้นพบว่า นักเรียนที่มีส่วนร่วมกับทุกกิจกรรมจะสามารถตอบได้ นักเรียนที่ไม่ค่อยตอบคำถามจะเป็นนักเรียนที่ฟุบที่โต๊ะ ในการถามคำถามนั้นพบว่าผู้วิจัยจะต้องเปลี่ยนลักษณะของคำถามโดยใช้ภาษาที่เข้าใจง่ายและควรใช้ข้อคำถามที่ค่อยๆเพิ่มระดับความยากในเรื่องของโจทย์การคำนวณ การทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนและแบบบันทึกการเรียนของนักเรียนจะใช้เวลาในการทำนาน และด้วยเวลาที่จำกัดทำให้นักเรียนส่วนมากทำไม่ทัน

จากบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนพบสิ่งที่อยากให้มีปรับปรุงปรุงคือ ขนาดของตัวอักษรบนสื่อประกอบการสอนของครู การพูดของครูที่เร็วเกินไป และการให้เวลาในการทำกิจกรรม ด้านเอกสารนักเรียนอยากให้ครูทำบันทึกการเรียนรู้เพื่อจดเนื้อหาขณะที่ครูสรุปความรู้ นักเรียนส่งเสียงดังรบกวนเพื่อน หรือง่วงนอน ภาระงานที่มากเกินไป ดังภาพที่ 4-1


2. นักเรียนมีความรู้สึกชอบ/ไม่ชอบอะไร เพราะเหตุใด เพื่อนไม่ช่วยทำงาน เพื่อนชอบคุยกันเสียงดัง สไลด์ของอาจารย์ตัวเล็กเกินไป งานเยอะเกินไป

3. นักเรียนอยากให้มีการปรับปรุง แก้ไขอะไรในการสอนของวันนี้
อยากให้อาจารย์ทำแบบบันทึกการเรียนรู้ตอนที่สอนด้วย อยากให้มีโจทย์คำนวณเยอะๆ ให้อาจารย์เอาข้อสอบเก่ามาติว

4. ใบหน้าของนักเรียนหลังจากที่ได้เรียนเรื่องแบบจำลองอะตอมของบอร์

2. นักเรียนมีความรู้สึกชอบ/ไม่ชอบอะไร เพราะเหตุใด เพื่อนพูดเสียงค่อย งานเยอะเกินไป อาจารย์พูดเสียงเบา พูดเร็วเกินไปตามไม่ทัน

3. นักเรียนอยากให้มีการปรับปรุง แก้ไขอะไรในการสอนของวันนี้
อาจารย์พูดช้าๆ ลดใบงาน

4. ใบหน้าของนักเรียนหลังจากที่ได้เรียนเรื่องแบบจำลองอะตอมของบอร์

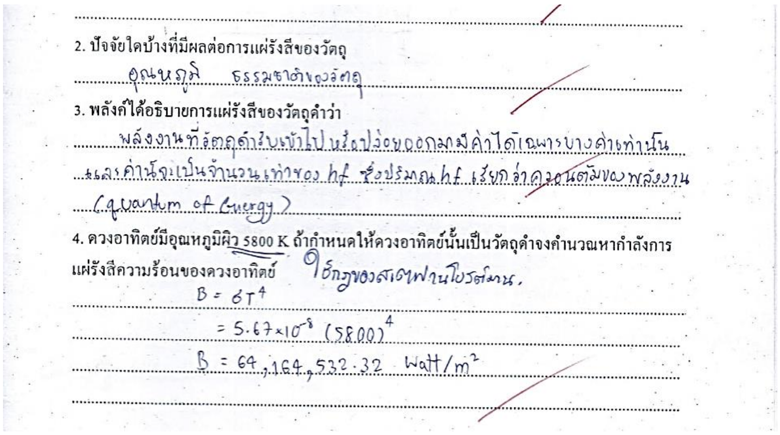
ภาพที่ 4-1 ความคิดเห็นของนักเรียนจากการเขียนบันทึกการเรียนรู้

แผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 2 เรื่อง การแผ่รังสีของวัตถุดำ จำนวน 2 ชั่วโมง

ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 นั้น เป็นการให้นักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการดูสื่อวิดีโอเรื่อง การแผ่รังสีของวัตถุดำ พบว่า นักเรียนชอบการเรียนรู้จากคลิปวิดีโอ โดยมีนักเรียนบางคนกล่าวว่า “อาจารย์ค่ะขอดูอีกได้ไหม หนูชอบดูอยากดูเรื่องอื่นอีกค่ะ”

“อาจารย์ครับ วิดีโอนี้ดีมากเลยครับทำให้ผมเข้าใจคอนเซ็บของเรื่องง่ายขึ้นครับ”

แต่ยังคงพบปัญหาในการจัดการเรียนการสอน จากการสังเกตของผู้สอนและบันทึกการเรียนรู้ของผู้เรียน ได้แสดงปัญหาดังนี้ นักเรียนบางคนมีอาการง่วง บางคนไม่มีส่วนร่วมในการแสดงความคิดเห็นและตอบคำถาม และนักเรียนยังต้องการให้ครูผู้สอนจัดทำเอกสารประกอบการเรียนคือ แบบบันทึกการเรียนรู้ขณะที่เรียน การตอบคำถามของผู้เรียนพบว่าสามารถตอบคำถามและสามารถบอกได้ว่าจากคลิปวิดีโอนั้นบอกข้อมูลใดบ้าง เช่น การแผ่รังสีของวัตถุดำคืออะไร ปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อการแผ่รังสีของวัตถุ และในส่วนของการคำนวณนักเรียนจะต้องเชื่อมโยงเนื้อหาที่เรียนกับตัวอย่างโจทย์ปัญหาที่สร้างขึ้น พบว่า นักเรียนสามารถเชื่อมโยงและวิเคราะห์แยกแยะ และเลือกใช้ความสัมพันธ์ของตัวแปรได้ถูกต้องมากขึ้น ดังภาพที่ 4-2 แต่ต้องใช้เวลาในการค้นหาคำตอบนาน ทำให้ส่วนใหญ่ตอบคำถามได้ถูกต้อง แต่ถูกตัดคะแนน เนื่องจากนักเรียนส่งงานไม่ทันเวลาที่กำหนด


2. ปัจจัยใดบ้างที่มีผลต่อการแผ่รังสีของวัตถุ

อุณหภูมิ ธรรมชาติของวัตถุ

3. พลังค์ได้อธิบายการแผ่รังสีของวัตถุคำว่า

พลังงานที่วัตถุดำรับเข้าไปหรือปล่อยออกมามีค่าได้เฉพาะบางค่าเท่านั้น และค่านั้นจะเป็นจำนวนเท่าของ hf ซึ่งปริมาณ hf เรียกว่าควอนตัมของพลังงาน (quantum of energy)

4. ดวงอาทิตย์มีอุณหภูมิผิว 5800 K ถ้ากำหนดให้ดวงอาทิตย์นั้นเป็นวัตถุดำจงคำนวณหากำลังการแผ่รังสีความร้อนของดวงอาทิตย์

ใช้กฎของสเตฟานโบลต์มาน

$B = \sigma T^4$

$= 5.67\times10^{-8}\ (5800)^4$

$B = 64,164,532.32\ \text{Watt/m}^2$

ภาพที่ 4-2 ตัวอย่างการตอบคำถามของนักเรียนจากการตรวจแบบฝึกหัดท้ายแผนการเรียนรู้ที่ 2

4. ขั้นการสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

ผู้วิจัย ผู้ช่วยสังเกต และนักเรียน พบว่า นักเรียนมีความกระตือรือร้นในการเรียนน้อย ดังปัญหาที่พบคือ นักเรียนที่เข้าเรียนช้า ขณะเรียนเกิดอาการง่วง หรือไม่ค่อยมีส่วนร่วมในการตอบคำถาม ส่งงานทุกครั้งแต่ส่งงานช้า และประเด็นคำถามที่ใช้ถามนักเรียนควรเป็นคำถามควรเริ่มจากง่าย ๆ แล้วค่อยเพิ่มระดับความยาก การควบคุมเวลาในแต่ละขั้น ควรเพิ่มเวลาในการทำกิจกรรมให้มากขึ้น หากจะให้นักเรียนค้นคว้าและสรุปความรู้ด้วยตนเองพร้อมทั้งนำเสนองาน นักเรียนคิดว่าการเขียนบันทึกการเรียนรู้ท้ายชั่วโมงเรียน เป็นภาระงานที่เพิ่มมากขึ้น

แนวทางการปรับแผนในวงจรถัดไป

จากข้อมูลดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยได้แนวทางในการปรับแผนในวงจรที่ 2 ต่อไปดังนี้

1. ผู้วิจัยต้องพูดให้ช้า ชัดเจนและเสียงดังมากขึ้น เพื่อให้นักเรียนที่ยังไม่เข้าใจเนื้อหาสามารถจับประเด็นเนื้อได้มากขึ้น

2. แก้ไขขนาดตัวอักษรที่ใช้เป็นสื่อให้มีขนาดใหญ่ขึ้น

3. หลังจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับคำถามเชิงวิเคราะห์ ทั้งแผนที่ 1 และ แผนที่ 2 ผู้วิจัยได้แจกแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนและแบบบันทึกการเรียนรู้ให้นักเรียนท้ายคาบเรียน พบว่า นักเรียนไม่สามารถเขียนแบบบันทึกการเรียนรู้ได้ทันเวลา ดังนั้น จึงมีแนวคิดที่จะปรับเปลี่ยนโดยการให้นักเรียนนำแบบบันทึกการเรียนรู้กลับไปบันทึก แล้วให้ตัวแทนหรือหัวหน้าห้องทำการรวบรวมมาส่งก่อนเข้าเรียนครั้งต่อไปทุกครั้ง

4. จากบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนนั้นทำให้ผู้วิจัยต้องมีการจัดการกับบรรยากาศในชั้นเรียนให้เป็นไปด้วยความเรียบร้อยให้มากขึ้น เนื่องจากปัญหาของการส่งเสียงดัง และพฤติกรรม

ที่ไม่เหมาะสมบางอย่างของนักเรียนบางคน ทำให้นักเรียนคนอื่น ๆ ไม่ได้รับความรู้อย่างเต็มที่ ผู้วิจัยจึงต้องตระหนักและให้ความสำคัญกับการบริการจัดการในชั้นเรียนมากขึ้น

5. จากบันทึกการเรียนรู้ของนักเรียนทำให้ผู้วิจัยมีแนวคิดที่จะปรับปรุง เอกสารประกอบการเรียน โดยการเพิ่มบันทึกการเรียนรู้ระหว่างจัดกิจกรรมในทุกแผน มีลักษณะคล้ายกับการสรุปเนื้อหาที่เรียน และมีช่องว่างให้นักเรียนเติมคำตอบ เพื่อช่วยให้นักเรียนมีสมาธิในการเรียน

วงจรปฏิบัติที่ 2 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 เรื่อง การทดลองของฟรังซ์และเฮิร์ต และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 เรื่อง รังสีเอกซ์

ผู้วิจัยดำเนินการสอนวงจรปฏิบัติที่ 2 กับกลุ่มเป้าหมาย โดยดำเนินการดังนี้

1. ขั้นวางแผน (Plan)

ผู้วิจัยปรับปรุงและแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ ตามแนวทางที่ได้จากใช้แผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรที่ 1

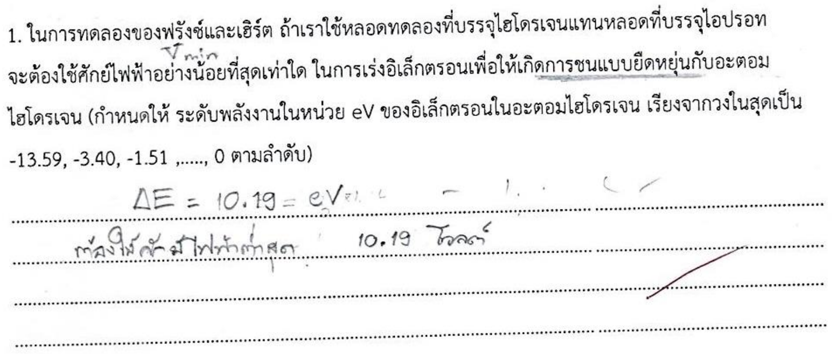
2. ขั้นปฏิบัติ (Action) และ

3. ขั้นสังเกตผลการปฏิบัติ (Observe)

แผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 3 เรื่อง การทดลองของฟรังซ์และเฮิร์ต จำนวน 2 ชั่วโมง

ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 ผู้วิจัยสามารถจัดกิจกรรมตามการเรียนการสอนได้ตามแผนเกือบทั้งหมด จากการใช้คำถามในการกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการวิเคราะห์เชื่อมโยงความรู้ระหว่างเรื่องการทดลองของฟรังและเฮิร์ต กับแบบจำลองอะตอมของโบร์ พบว่า นักเรียนร้อยละ 80 สามารถตอบคำถามและอธิบายมโนทัศน์ในเรื่องนี้ได้ถูกต้อง คือ นักเรียนสามารถสรุปความรู้เรื่องการทดลองของฟรังซ์และเฮิร์ตได้ว่า การทดลองนี้แสดงให้เห็นว่าอะตอมของปรอทรับพลังงานได้บางค่าหรือมีพลังงานเป็นขั้น ๆ ไม่ต่อเนื่อง ซึ่งสนับสนุนแนวคิดของโบร์ แสดงให้เห็นว่านักเรียนวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของแนวคิดทั้ง 2 ได้ว่าสัมพันธ์กันอย่างไรและแตกต่างกันตรงไหน ผลเป็นอย่างไร ความแตกต่างของทั้งสองแนวคิดคือ โบร์จะดูจากแถบสเปกตรัม ส่วนฟรังซ์และเฮิร์ตจะศึกษาจากการรับและคายพลังงานของอะตอมปรอท โดยนักเรียนส่วนใหญ่ร่วมกันตอบคำถามได้ถูกต้อง และนักเรียนสามารถนำความรู้ไปวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของเนื้อหากับโจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้ถูกต้อง แต่ก็ยังพบปัญหาเล็กน้อยคือ จะมีนักเรียนส่วนน้อยในส่วนของการทำแบบฝึกหัดคือ นักเรียนพยายามจะให้ครูแนะนำว่าควรใช้ความพันธ์ใด และจากการตรวจสอบแบบฝึกหัดและบันทึกการเรียนรู้พบว่านักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องมากขึ้น แต่บางครั้งในการอธิบายนักเรียนจะไม่แสดงความรู้เป็นลำดับขั้น แต่จะเน้นใช้วิธีการลัด และนักเรียนจะมีข้อเสนอแนะในการดำเนินกิจกรรมในครั้งต่อไป เช่น อยากให้ครูผู้สอนเพิ่มโจทย์ปัญหา เนื่องจากในการสอบปลายภาคข้อสอบส่วนใหญ่จะมีลักษณะให้วิเคราะห์ความสัมพันธ์ และรู้สึกพอใจที่ครู

ได้ทำแบบบันทึกการเรียนรู้ให้นักเรียนเพราะทำให้นักเรียนและครูได้เรียนรู้ไปพร้อมกัน ทำให้สามารถเข้าใจเนื้อหาได้มากขึ้น และครูควรแนะนำวิธีการเขียนอธิบายสื่อความหมายของนักเรียนให้ละเอียดมากขึ้น เนื่องจากนักเรียนมักจะใช้วิธีลัด ดังตัวอย่างที่แสดงในภาพที่ 4-3


1. ในการทดลองของฟรังซ์และเฮิร์ต ถ้าเราใช้หลอดทดลองที่บรรจุไฮโดรเจนแทนหลอดที่บรรจุไอปรอท จะต้องใช้ศักย์ไฟฟ้าอย่างน้อยที่สุดเท่าใด ในการเร่งอิเล็กตรอนเพื่อให้เกิดการชนแบบยืดหยุ่นกับอะตอมไฮโดรเจน (กำหนดให้ ระดับพลังงานในหน่วย eV ของอิเล็กตรอนในอะตอมไฮโดรเจน เรียงจากวงในสุดเป็น -13.59, -3.40, -1.51 ,....., 0 ตามลำดับ)

$\Delta E = 10.19 = eV$

10.19 โวลต์

ภาพที่ 4-3 ตัวอย่างการลักษณะการเขียนคำตอบของนักเรียน

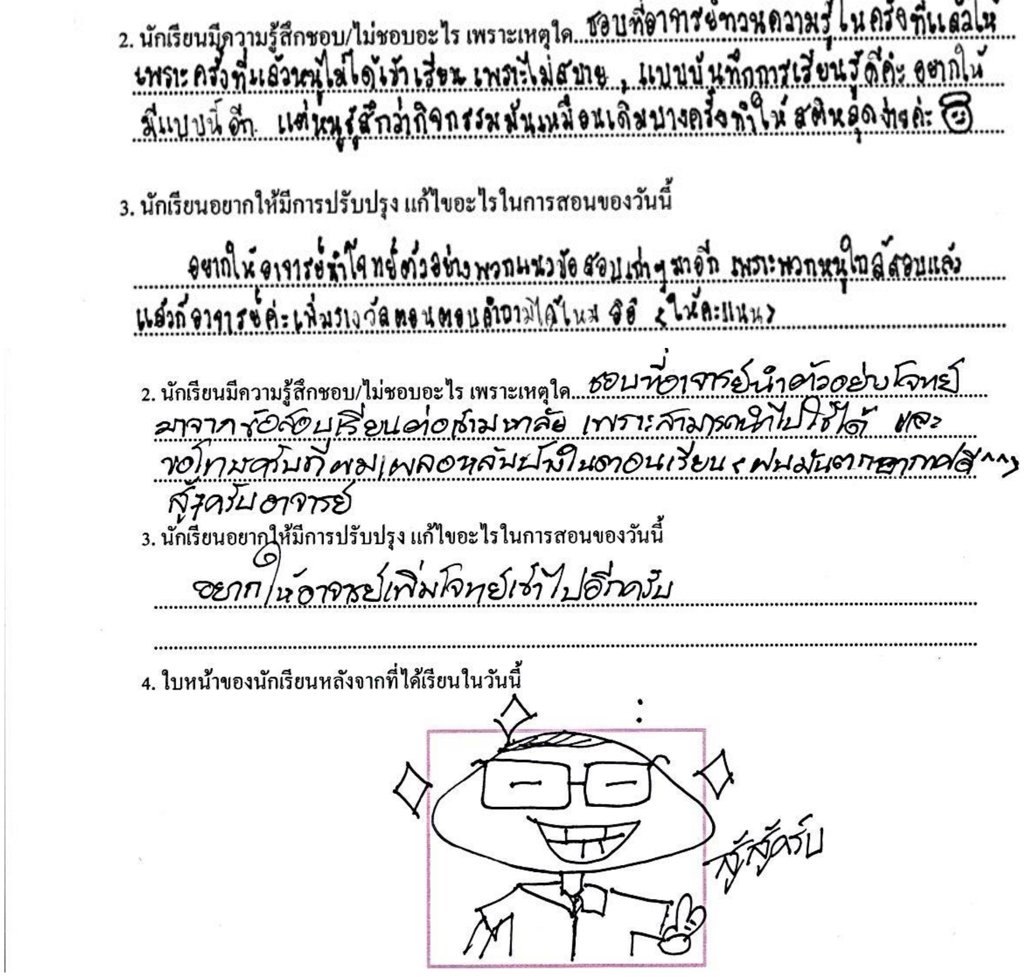
แผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 4 เรื่อง รังสีเอกซ์ จำนวน 2 ชั่วโมง

ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 ผู้วิจัย พบว่า การใช้คำถามในทุกขั้นตอนของการจัดการเรียนรู้ทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องได้มากขึ้น และคำถามที่ใช้ช่วยกระตุ้นความสนใจของนักเรียนได้ดี แต่ครูผู้สอนต้องมีการทบทวนความรู้เดิมให้ผู้เรียนก่อนเรียน เพื่อตรวจสอบความรู้เดิมเพื่อทำให้ง่ายต่อขั้นตอนนำเข้าสู่บทเรียน แต่ก็ยังพบปัญหาในการจัดการเรียนรู้คือ นักเรียนบางส่วนมีความกระตือรือร้นปานกลาง และนักเรียนบางคนยังมีพฤติกรรมไม่มีส่วนร่วมในการเรียน หลับฟุบที่โต๊ะ อาจเนื่องจากสภาพอากาศในวันนี้ช่วงเช้ามีฝนตกและเนื่องจากครูผู้สอนมีอาการไม่สบายทำให้เสียงแหบ ทำให้นักเรียนเกิดความง่วง และในขั้นการขยายความรู้ พบว่านักเรียนให้ความสนใจและมีส่วนร่วมในการร่วมอภิปรายให้ หัวข้อ ประโยชน์และโทษของรังสีเอกซ์ เป็นอย่างดี

4. ขั้นการสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

จากการที่ผู้วิจัยได้ทำการสะท้อนผลการปฏิบัติหลังการจัดการเรียนรู้ในแผนที่ 3 และ 4 พบว่า การนักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนโดยใช้คำถามมากขึ้น และนักเรียนคุ้นเคยกับแบบบันทึกการเรียนรู้ในขณะเรียนเพราะทำให้ผู้เรียนและครูผู้สอนได้เรียนรู้พร้อมกัน และนักเรียนมีการนำความรู้จากเรียนที่เรียนผ่านมาแล้วมาเชื่อมโยงให้เข้ากับเรื่องใหม่ได้รวดเร็วขึ้น แต่ปัญหาในเรื่องของสภาพภูมิอากาศก็ยังเป็นปัญหาต่อความกระตือรือร้นในการเรียนซึ่งเป็นเรื่องที่หลีกเลี่ยงไม่ได้ นอกจากนี้นักเรียนยังได้แสดงความคิดเห็นในเรื่องของข้อเสนอแนะ คือ อยากให้ครูทำแบบฝึกหัด

โดยเริ่มจากระดับง่ายแล้วค่อย ๆ เพิ่มทีละระดับ อยากให้ครูผู้สอนใช้โจทย์ตัวอย่างที่เป็นแนวข้อสอบระดับชาติ ซึ่งเป็นข้อสอบที่เกี่ยวกับเนื้อหาในวิชาวิทยาศาสตร์มากขึ้น ดังภาพที่ 4-4



2. นักเรียนมีความรู้สึกชอบ/ไม่ชอบอะไร เพราะเหตุใด ชอบที่อาจารย์ทวนความรู้ในครั้งที่แล้วให้ เพราะครั้งที่แล้วหนูไม่ได้เข้าเรียน เพราะไม่สบาย , แบบบันทึกการเรียนรู้ดีค่ะ อยากให้มีแบบนี้อีก แต่หนูรู้สึกว่ากิจกรรมมันเหมือนเดิม บางครั้งทำให้สติหลุดไปค่ะ

3. นักเรียนอยากให้มีการปรับปรุง แก้ไขอะไรในการสอนของวันนี้

อยากให้อาจารย์นำโจทย์ตัวอย่างพวกแนวข้อสอบเก่าๆ มาอีก เพราะพวกหนูใกล้สอบแล้ว แล้วก็อาจารย์คะ เพิ่มรางวัลตอนตอบคำถามได้ไหม ฮ่ะๆ (ให้คะแนน)

2. นักเรียนมีความรู้สึกชอบ/ไม่ชอบอะไร เพราะเหตุใด ชอบที่อาจารย์นำตัวอย่างโจทย์มาจากข้อสอบเรียนต่อมหาลัย เพราะสามารถนำไปใช้ได้ และขอโทษครับที่ผมเผลอหลับไปในตอนเรียน (ผมง่วงมากมาก^^) สู้ๆครับอาจารย์

3. นักเรียนอยากให้มีการปรับปรุง แก้ไขอะไรในการสอนของวันนี้

อยากให้อาจารย์เพิ่มโจทย์เข้าไปอีกครับ

4. ใบหน้าของนักเรียนหลังจากที่ได้เรียนในวันนี้

สู้ๆครับ

ภาพที่ 4-4 ความคิดเห็นของนักเรียนจากการเขียนแบบบันทึกการเรียนรู้

แนวทางการปรับแผนในวงจรถัดไป

จากข้อมูลดังกล่าวทำให้ผู้วิจัยได้แนวทางในการปรับแผนในวงจรที่ 3 ต่อไปดังนี้

1. ผู้วิจัยต้องปรับรูปแบบกิจกรรมให้น่าสนใจยิ่งขึ้น โดยใช้รางวัลสร้างแรงในการจูงใจ เช่น คะแนน หรือขนม เป็นต้น

2. ผู้วิจัยควรทบทวนความรู้ให้ผู้เรียนทุกครั้งก่อนที่จะเข้าสู่บทเรียนในเรื่องอื่นต่อไป

3. ครูควรแนะนำวิธีการเขียนสรุปของนักเรียนให้ละเอียดมากขึ้น และฝึกให้นักเรียนเขียนบ่อย อีกทั้งครูต้องศึกษาเนื้อหาและทบทวนเนื้อหาที่เกี่ยวข้อง และมีวิธีอธิบายที่ง่ายต่อการเข้าใจของนักเรียน

วงจรปฏิบัติที่ 3 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 เรื่อง ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 เรื่อง ปรากฏการณ์คอมป์ตัน และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 เรื่อง ทวิภาพของคลื่นและอนุภาค

ผู้วิจัยดำเนินการสอนตามวงจรปฏิบัติที่ 3 กับกลุ่มเป้าหมาย โดยดำเนินการดังนี้

1. ขั้นวางแผน (Plan)

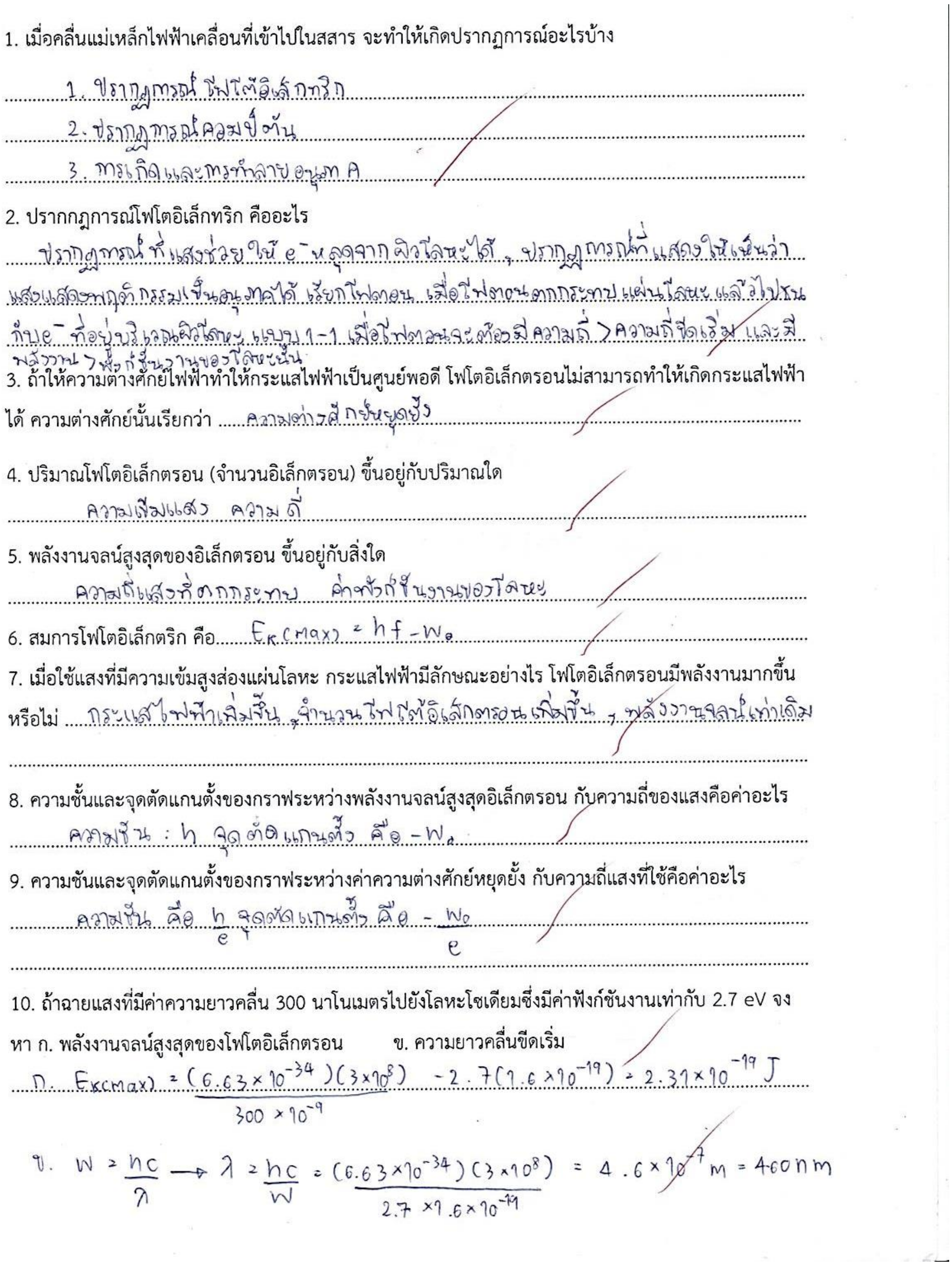
ผู้วิจัยปรับปรุงและแก้ไขแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ ตามแนวทางที่ได้จากใช้แผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรปฏิบัติที่ 2

2. ขั้นปฏิบัติ (Action) และ

3. ขั้นสังเกตผลการปฏิบัติ (Observe)

แผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 5 เรื่อง ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ใช้เวลา 2 ชั่วโมง

ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 ในขั้นนำเข้าสู่บทเรียนผู้วิจัยให้มีการเกริ่นถึงลักษณะของคุณสมบัติของแสงและให้นักเรียนร่วมก้อภิปรายว่าแสงมีคุณสมบัติอย่างไร และจัดเป็นคลื่นหรืออนุภาคและมีการทดลองใดบ้างที่สนับสนุนแนวคิดดังกล่าว พบว่า ข้อคำถามที่ใช้มีความเหมาะสมอย่างมากเพราะช่วยให้นักเรียนมีความกะตือรือร้นในการเรียน และร่วมแสดงความคิดเห็น อีกทั้งในขั้นตอนสำรวจและค้นหา ผู้สอนได้เปิดสื่อวิดีโอประกอบการสอนโดยเนื้อหาในสื่อเกี่ยวข้องกับปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก พบว่า นักเรียนให้ความสนใจในการรับชมคลิปวิดีโออย่างมากอาจเพราะ เนื้อหาที่เรียนเป็นเรื่องที่ยากในการที่จะเข้าใจ นักเรียนเกิดการเรียนรู้ได้ดีขึ้นจากการใช้สื่อเคลื่อนไหว ในระหว่างที่นักเรียนศึกษาเรื่องราวจากสื่อวิดีโอนั้น นักเรียนต้องวิเคราะห์องค์ประกอบในส่วนย่อย ๆ ได้จึงจะสามารถสรุปมโนทัศน์ให้เรื่องนี้ได้ และจากการใช้คำถามเพื่อตรวจสอบความถูกต้องของมโนทัศนที่นักเรียนได้รับ พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่มีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง คือ สามารถสรุปได้ว่าปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกนั้นมีลักษณะเป็นอย่างไร และนักเรียนสามารถนิยามความหมายของศัพท์ได้ถูกต้อง และสามารถวิเคราะห์โจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้ดังแสดงในภาพที่ 4-5



1. เมื่อคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเคลื่อนที่เข้าไปในสสาร จะทำให้เกิดปรากฏการณ์อะไรบ้าง

1. ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก
2. ปรากฏการณ์คอมป์ตัน
3. การเกิดและการทำลายอนุภาค

2. ปรากกฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก คืออะไร

ปรากฏการณ์ที่แสงช่วยให้ e⁻ หลุดจากผิวโลหะได้ , ปรากฏการณ์ที่แสดงให้เห็นว่าแสงแสดงพฤติกรรมเป็นอนุภาคได้ เรียกโฟตอน เมื่อโฟตอนตกกระทบแผ่นโลหะ แล้วไปชนกับ e⁻ ที่อยู่บริเวณผิวโลหะ แบบ 1-1 เมื่อโฟตอนจะต้องมีความถี่ > ความถี่ขีดเริ่ม และมีพลังงาน > ฟังก์ชันงานของโลหะนั้น

3. ถ้าให้ความต่างศักย์ไฟฟ้าทำให้กระแสไฟฟ้าเป็นศูนย์พอดี โฟโตอิเล็กตรอนไม่สามารถทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าได้ ความต่างศักย์นั้นเรียกว่า ความต่างศักย์หยุดยั้ง

4. ปริมาณโฟโตอิเล็กตรอน (จำนวนอิเล็กตรอน) ขึ้นอยู่กับปริมาณใด

ความเข้มแสง ความถี่

5. พลังงานจลน์สูงสุดของอิเล็กตรอน ขึ้นอยู่กับสิ่งใด

ความถี่แสงที่ตกกระทบ ค่าฟังก์ชันงานของโลหะ

6. สมการโฟโตอิเล็กตริก คือ $E_{K(max)} = hf - W_0$

7. เมื่อใช้แสงที่มีความเข้มสูงส่องแผ่นโลหะ กระแสไฟฟ้ามีลักษณะอย่างไร โฟโตอิเล็กตรอนมีพลังงานมากขึ้นหรือไม่ กระแสไฟฟ้าเพิ่มขึ้น , จำนวนโฟโตอิเล็กตรอนเพิ่มขึ้น , พลังงานจลน์เท่าเดิม

8. ความชั้นและจุดตัดแกนตั้งของกราฟระหว่างพลังงานจลน์สูงสุดอิเล็กตรอน กับความถี่ของแสงคือค่าอะไร

ความชัน : h จุดตัดแกนตั้ง คือ $-W_0$

9. ความชันและจุดตัดแกนตั้งของกราฟระหว่างค่าความต่างศักย์หยุดยั้ง กับความถี่แสงที่ใช้คือค่าอะไร

ความชัน คือ $\frac{h}{e}$ จุดตัดแกนตั้ง คือ $-\frac{W_0}{e}$

10. ถ้าฉายแสงที่มีค่าความยาวคลื่น 300 นาโนเมตรไปยังโลหะโซเดียมซึ่งมีค่าฟังก์ชันงานเท่ากับ 2.7 eV จงหา ก. พลังงานจลน์สูงสุดของโฟโตอิเล็กตรอน ข. ความยาวคลื่นขีดเริ่ม

ก. $E_{K(max)} = \frac{(6.63\times10^{-34})(3\times10^{8})}{300\times10^{-9}} - 2.7(1.6\times10^{-19}) = 2.31\times10^{-19}$ J

ข. $W = \frac{hc}{\lambda} \rightarrow \lambda = \frac{hc}{W} = \frac{(6.63\times10^{-34})(3\times10^{8})}{2.7\times1.6\times10^{-19}} = 4.6\times10^{-7}$ m = 460 nm

ภาพที่ 4-5 แบบฝึดหัดท้ายบทเรียนแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5

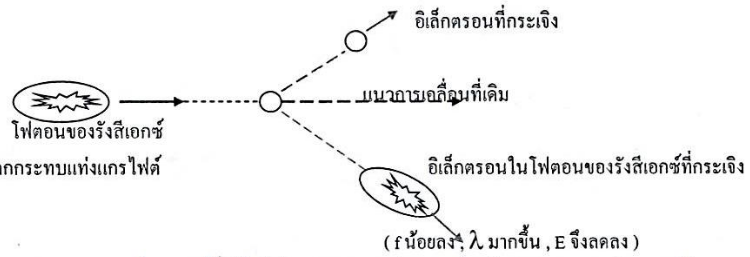
นอกจากนี้ในแต่ละขั้นตอนผู้วิจัยได้ใช้ ขนมเป็นของรางวัล เพื่อสร้างแรงจูงใจ ทำให้ผู้เรียนมีความกระตือรือร้นในการทำกิจกรรมอย่างมาก แต่ปัญหาหลังการจัดการเรียนรู้โดยนักเรียนเป็นผู้สะท้อนปัญหาลงในบันทึกการเรียนรู้ คือ เรื่องของความสะอาด และปัญหาในการตัดสินว่าใครจะเป็นผู้ตอบคำถามที่ผู้วิจัยถาม

แผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 6 เรื่อง ปรากฏการณ์คอมป์ตัน จำนวน 2 ชั่วโมง

ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 นั้นพบว่า นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากเรื่องเดิมมาเชื่อมโยงในการอธิบายปรากฏการณ์คอมป์ตันได้อย่างดี และนักเรียนมีส่วนร่วมในการตอบคำถามมากขึ้น และจากการตรวจบันทึกการเรียนรู้ของผู้เรียน พบว่า นักเรียนสามารถวิเคราะห์องค์ประกอบ และความเป็นเหตุเป็นผลของหลักการได้ชัดเจน และพบว่านักเรียนมีการเขียนแสดงความรู้เป็นลำดับขั้นตอนมากขึ้น เช่นดังภาพที่ 4-6

แบบบันทึกการเรียนเรื่อง ปรากฏการณ์คอมป์ตัน

คอมป์ตัน และปีเตอร์เดบาย ทำการทดลองฉายรังสีเอกซ์ความยาวคลื่นเดียวไปยังแท่งแกรไฟต์ แล้ววัดความยาวคลื่นของรังสีเอกซ์ที่กระเจิงออกมา พบว่า ความยาวคลื่นของรังสีเอ็กซ์มีทั้งความยาวคลื่นเท่าเดิม และมากกว่าเดิม ซึ่งความยาวคลื่นที่มากกว่าเดิมนี้ แปรผันกับมุมที่กระเจิง



ปรากฏการณ์คอมป์ตันคือ ปรากฏการณ์ที่รังสีเอ็กซ์กระเจิงออกมามีความยาวคลื่นเท่าเดิมและมากกว่าเดิม

ไม่สามารถอธิบายได้ด้วยทฤษฎีคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าของแมกซ์เวลล์ได้เพราะ ทฤษฎีเดิมอธิบายแค่ว่าคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าตกกระทบกับอนุภาคอิสระที่มีประจุ จะทำให้ e^- นั้นสั่นด้วย f เดียวกันและแผ่รังสีที่มี แต่สามารถอธิบายได้ด้วยแนวคิดของ ไอน์สไตน์ ที่ว่า f และ λ นั้นออกมา

"รังสีเอกซ์เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าประพฤติตัวเป็นอนุภาควิ่งเข้าชนอิเล็กตรอนที่ติดแน่นกับอะตอมของแท่งแกรไฟต์แล้วกระเจิงออกมาด้วยความยาวคลื่นเท่าเดิม ส่วนโฟตอนที่เข้าชนอิเล็กตรอนอิสระจะกระเจิงออกมาด้วยความยาวคลื่น....มากกว่าเดิม"

(Ex) โฟตอนพลังงาน 10.39 keV เกิดการกระเจิงแบบคอมป์ตัน โดยลำของโฟตอนที่กระเจิงออกไปทำมุม 45° เทียบกับลำของโฟตอนตอนที่กระทบ พลังงานของโฟตอนที่กระเจิงออกไป และพลังงานจลน์ของโฟตอนที่ถูกกระเจิงออกไป

Sol จาก ค.สัมพันธ์ $\lambda_2 - \lambda_1 = \frac{h}{m_0 c}(1-\cos\theta)$

$\lambda_2 - \lambda_1 = \lambda_c(1-\cos\theta)$; $\lambda_c = 0.02426$

จาก $\lambda_1 = \frac{hc}{E}$

$= \frac{(6.625\times10^{-34})(3\times10^{8})}{(10.39\times10^{3}\times1.6\times10^{-19})}$

$= 119.5 \approx 120\times10^{3}$ nm

$\lambda_2 = (0.02426\times10^{-10})(1-\frac{\sqrt{2}}{2}) + 120\times10^{-12}$

$= 121\times10^{-3}$ nm

$E = \frac{hc}{\lambda} = \frac{(6.625\times10^{-34})(3\times10^{8})}{(121\times10^{-3})\times10^{-9}} = 1.645\times10^{-24}\times10^{-9}$

$= 10.351$ keV

$E_k = 10.39 - 10.351 = 0.04$ keV

ภาพที่ 4-6 บันทึกการเรียนรู้ของนักเรียน

แผนการจัดการเรียนรู้แผนที่ 7 เรื่อง ทวิภาพของคลื่นและอนุภาค จำนวน 2 ชั่วโมง

ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 ผู้วิจัยได้ทบทวนความรู้เดิมให้กับนักเรียนก่อน และข้อคำถามและคลิปวิดีโอ นั้นช่วยกระตุ้นผู้เรียนได้เป็นอย่างดี อาจเพราะเป็นชั่วโมงที่มีการเรียนการสอนเป็นครั้งสุดท้ายและใกล้ช่วงสอบปลายภาค ทำให้นักเรียนตั้งใจเรียนและมีความกะตือรือร้น รวมไปถึงการมีส่วนร่วมในการตอบคำถามเป็นอย่างมาก ทั้งนี้ครูผู้สอนได้บอกถึงการนำความรู้เรื่องนี้ไปประยุกต์ใช้ในการดำเนินชีวิตอย่างไรได้บ้าง จึงทำให้การเรียนการสอนในวันนี้เกิดความสนุกสนาน นอกจากนี้ยังพบว่า นักเรียนสามารถนำความรู้ที่ได้จากเรื่องเดิมมาเชื่อมโยงในการอธิบายความสัมพันธ์ของแสงในการประพฤติตัวเป็นคลื่นและอนุภาคได้เป็นได้อย่างดี และนักเรียนสามารถวิเคราะห์ความสัมพันธ์ของตัวแปรที่พบในโจทย์ปัญหาได้ทำให้ง่ายต่อการนำความรู้ไปใช้เช่น การแก้โจทย์ปัญหา ดังภาพที่ 4-7 และจากการตรวจบันทึกการเรียนรู้ของผู้เรียน พบว่า นักเรียนแสดงความคิดเห็นในเชิงบวกต่อการจัดการเรียนการสอนที่มีทั้งการให้ดูคลิปวิดีโอ มีรางวัลเมื่อผู้เรียนตอบคำถามถูก แต่ครูผู้สอนควรควบคุมชั้นเรียนให้ดีกว่าเดิม เนื่องจากมีการส่งเสียงดังรบกวนห้องข้าง ๆ

→ ซึ่งแสงประพฤติเป็นอนุภาคได้ ∴ อนุภาคก็ประพฤติตัวเป็นคลื่นได้เหมือนกัน

Louis de Broglie (1892-1987) กับ สมบัติความเป็นคลื่นของอนุภาค

ในปี 1923 Louis de Broglie ได้ตั้งสมมติฐาน ว่าน่าจะเป็นไปได้ที่อนุภาคก็มีสมบัติคู่เช่นเดียวกับแสงด้วย และ อนุภาคทั้งหมดก็มีสมบัติคู่ด้วยเช่นกัน

จากเดิม สาหรับ photons จะได้ว่า

$P = mv$ หรือ $P = mc$ ...... (v หรือ c คือ ความเร็ว)

และจากสมการพลังงาน $E = mc^2$, $E = hf$ } $mc^2 = hf$; $m = \frac{hf}{c^2}$

ดังนั้นจะได้ความสัมพันธ์ระหว่างโมเมนตัม (p) กับ ความยาวคลื่น (λ) เป็น

Momentum ; $p = mc = \frac{hf \cdot c}{c^2} = \frac{hf}{c} = \frac{h}{\lambda}$

อนุภาคขนาดโมเมนตัม p จะมี $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$

การทดลองของเดวิสสันและเจอเมอร์ e^- กระทบผลึก Ni แสดงสมบัติการแทรกสอด และเลี้ยวเบนได้เหมือนคลื่นชนิดอื่น

การทดลองของ G.P. Thomson ยิง e^- ผ่านแผ่นโลหะบาง ได้ผลเหมือนรังสี X

e^- โคจรรอบ nucleus เป็นโดยเส้นรอบวงจะเป็นจน.เต็มของ สอดคล้องกับสมมติฐานของโบร์

$2\pi r = n\lambda$

$2\pi r = n\left(\frac{h}{mv}\right)$

$mvr = \frac{nh}{2\pi} = n\hbar$

เมื่อใช้ลักษณะการเปรียบเทียบเหมือนๆ กันสาหรับอนุภาค กับคลื่น พบว่า

$$\lambda = \frac{h}{mv}$$; $h = 6.625 \times 10^{-34}$ J s

เรียก λ ว่าความยาวคลื่นของ เดอบรอยล์ **คลื่นสสาร (Matter wave)**

ความยาวคลื่น deBroglie ของอิเล็กตรอน

- การคำนวณค่าหาความยาวช่วงคลื่นของอนุภาคมีประจุที่ถูกเร่งผ่านความ ต่างศักย์ V
- ให้อนุภาคนั้นมีมวล m และมีประจุ q
- ค่าพลังงานจลน์ ของอนุภาคซึ่งสัมพันธ์ กับค่าพลังงานไฟฟ้าของมันคือ

kinetic energy

$$K.E. = mv^2/2 = qV$$ **โมเมนตัม** $$p = mv$$

สามารถเขียนพลังงานจลน์ในรูปโมเมนตัมได้ $\frac{p^2}{2m} = qV$

$$E_k = \frac{p^2}{2m} = \frac{h^2}{\lambda^2(2m)}$$

ดังนั้น

$$p = \sqrt{(2mqV)}$$

$$\frac{h}{\lambda} = \sqrt{2mqV}$$

$$\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mqV}}$$

2. อิเล็กตรอนพลังงานจลน์ 100 eV จะมีความยาวคลื่นตามสมมติ ฐาน ของเดอบรอยล์ เท่าใด

$\lambda = \frac{hc}{E} = \frac{(h)(c)}{100e}$

$= 12.38$ nm ₩

3. อิเล็กตรอนตัวหนึ่ง ถ้ามีพลังงานจลน์เพิ่มขึ้นเป็น 9 เท่าของพลังงานจลน์เดิม ความยาวคลื่นของเดอบรอยล์ ของอิเล็กตรอนจะเป็นกี่เท่าของเดิมของตอนแรก

จาก $\lambda = \frac{h}{\sqrt{2mE_k}}$; $\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \sqrt{\frac{E_{k1}}{E_{k2}}} = \sqrt{\frac{E}{3E}}$

$\frac{\lambda_2}{\lambda_1} = \frac{1}{3}$ ∴ $\lambda_2 = \frac{1}{3}\lambda_1$ ₩

ภาพที่ 4-7 บันทึกการเรียนรู้และแบบฝึดหัดของนักเรียน

4. ขั้นการสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect)

จากข้อมูลที่ได้กล่าวมาทำให้ผู้วิจัยได้แนวทางในการปรับปรุงแผนการจัดการเรียนรู้ในวงจรสุดท้าย ดังนี้

1. ผู้วิจัยต้องกำชับนักเรียนในเรื่องของการรักษาความสะอาดภายในห้องเรียน

2. ผู้วิจัยต้องมีความรวดเร็วในการตัดสินว่าจะให้ผู้ใดในการตอบคำถาม โดยอาจจะมีแนวทางในการปฏิบัติคือ เปลี่ยนรูปแบบจากการยกมือของทั้งห้อง เป็นการส่งตัวแทนในแต่ละกลุ่มมาตอบคำถาม

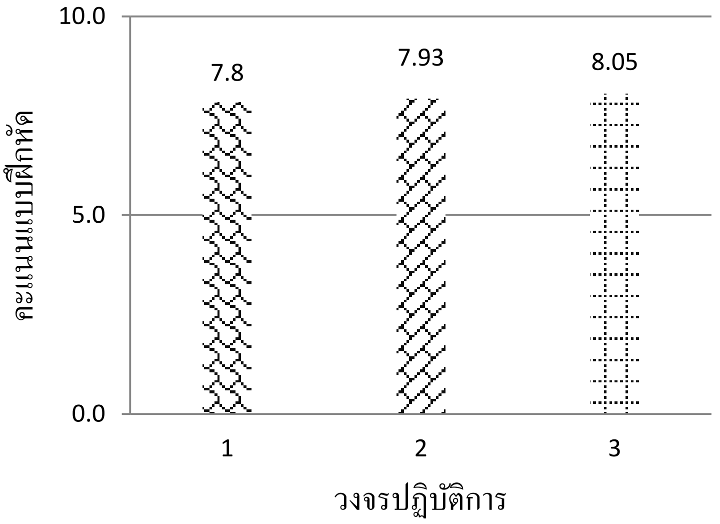
3. ครูผู้สอนควรเปลี่ยนรูปแบบของแรงจูงใจเป็นรูปแบบต่าง ๆ เช่น คะแนน อุปกรณ์การเรียน ซึ่งจะทำให้ไม่เกิดปัญหาเรื่องของความสะอาด

4. การทวนความรู้ก่อนขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ช่วยให้นักเรียนมีความพร้อมที่จะเรียนในเนื้อหาอื่นมากขึ้น

จากที่ได้นำเสนอข้อมูลทั้ง 3 วงจร ผู้วิจัยสามารถสรุปและนำเสนอพัฒนาการของมโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ตามวงจรที่ 1-3 โดยมีทั้งหมด 7 แผนการจัดการเรียนรู้ ซึ่งคิดจากคะแนนแบบฝึกหัดท้ายบท เป็นภาพรวมดังนี้

ตารางที่ 4-6 คะแนนแบบฝึกหัดท้ายบทหลังจากการใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์

วงจร	**1**		**2**		**3**			$\bar{X}$	***SD***
แผนการจัดการเรียนรู้	1	2	3	4	5	6	7		
(10 คะแนน)	7.86	7.86	7.95	7.91	8.00	8.05	8.09	7.95	0.09



ภาพที่ 4-8 แผนภูมิแท่งแสดงคะแนนแบบฝึกหัดหลังจากการใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์วงจรที่ 1-3

จากตารางที่ 4-5 และภาพที่ 4-8 แสดงให้เห็นว่านักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ที่ได้รับการใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์มีคะแนนแบบฝึกหัดท้ายบทเรียนที่เพิ่มขึ้น โดยวงจรที่มีคะแนนมากที่สุดคือ วงจรที่ 3 ซึ่งมีคะแนนเฉลี่ยเท่ากับ 8.05 คะแนน รองลงมาคือวงจรที่ 2 และสุดท้ายคือ วงจรที่ 1 โดยมีคะแนนเฉลี่ย 7.93 คะแนน และคะแนนเฉลี่ย 7.80 คะแนน ตามลำดับ

หากพิจารณาคะแนนแบบฝึกหัดท้ายในแต่ละวงจรปฏิบัติการ พบว่า คะแนนในแต่ละวงจรมีคะแนนไม่แตกต่างกันมาก ทั้งนี้เนื่องจากบริบทของนักเรียนที่มีลักษณะเป็นโรงเรียนประจำ ทำให้นักเรียนมีความใกล้ชิดกัน จากการสัมภาษณ์นักเรียนบางส่วน พบว่า นักเรียนบางกลุ่มมีการอ่านหนังสือ ทำการบ้าน ทบทวนบทเรียนร่วมกันในช่วงเวลาหลังเลิกเรียน ทำให้คะแนนที่ออกมาของนักเรียนไม่แตกต่างกันมากนัก

บทที่ 5
สรุปผล อภิปรายผล และข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน (Action research) มีวัตถุประสงค์เพื่อพัฒนามโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม ด้วยการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์

กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยในครั้งนี้ คือ กลุ่มเป้าหมายที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ คือ นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี (โรงเรียนวิทยาศาสตร์ภูมิภาค) จำนวน 22 คน แบ่งเป็นชาย 9 คน และหญิง 13 คน เป็นห้องเรียนที่เน้นคณิตศาสตร์และวิทยาศาสตร์ โดยภาพรวมแล้วโรงเรียนนี้มีความพร้อมในทุกด้าน การวิจัยครั้งนี้ดำเนินการทดลองตามแบบแผนการวิจัย ซึ่งประกอบไปด้วย 4 ขั้นตอน คือ ขั้นวางแผน (Plan) ขั้นปฏิบัติ (Action) ขั้นสังเกต (Observe) และขั้นสะท้อนผลการปฏิบัติ (Reflect) อย่างเป็นระบบและต่อเนื่อง 3 วงจร

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ประกอบด้วย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) จำนวน 7 แผน มีค่าความเหมาะสมตั้งแต่ 4.70-4.83 จัดเป็นแผนจัดการเรียนรู้ในระดับเหมาะสมมากที่สุด

2. แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 15 ข้อ ค่าดัชนีความสอดคล้องเฉลี่ย 0.92 มีค่าความยากง่ายอยู่ตั้งแต่ 0.21-0.69 ค่าอำนาจจำแนกอยู่ตั้งแต่ 0.20-0.28 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ โดยใช้สัมประสิทธิอัลฟา (α-Coefficient) ของครอนบัค (Cronbach) เท่ากับ .91

3. แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ มีค่าดัชนีความสอดคล้องเฉลี่ย 0.93 มีค่าความยากง่ายอยู่ตั้งแต่ 0.42-0.63 และค่าอำนาจจำแนกตั้งแต่ 0.25-0.50 และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบทั้งฉบับ (KR-20) เท่ากับ .69

สถิติที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูล ได้แก่ ค่าเฉลี่ยเลขคณิต ($\bar{x}$) ส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน (*SD*) และการใช้ค่าสถิติทดสอบที (Paired sample *t*-test)

สรุปผลการวิจัย

1. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีพัฒนาการอยู่ในระดับกลาง เฉลี่ยร้อยละ 40.37

2. การคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีพัฒนาการอยู่ในระดับกลางเฉลี่ยร้อยละ 49.09

อภิปรายผลการวิจัย

จากผลการวิจัยข้างต้น มีประเด็นที่ควรอภิปรายได้แก่ มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ซึ่งสามารถอภิปรายผลได้ ดังนี้

1. มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีคะแนนพัฒนาการอยู่ในระดับกลาง เฉลี่ยร้อยละ 40.37 ทั้งนี้เนื่องมาจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ เป็นการจัดกิจกรรมการเรียนโดยครูมีการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการคิดและเกิดการเรียนรู้อีกทั้งยังเป็นการให้ผู้เรียนสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเอง โดยผ่านการสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้นตอน (5E) ดังนี้ ขั้นที่ 1 ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน ลักษณะเป็นการแนะนำบทเรียน หรือเรื่องที่น่าสนใจ ซึ่งอาจเกิดขึ้นเองตามความสงสัย หรือเกิดจากความสนใจตัวผู้เรียนเอง โดยครูจะสร้างสถานการณ์ขึ้น โดยใช้คำถามกระตุ้นให้นักเรียนเกิดความสนใจของอยากรู้ อยากเห็น อยากจะทดลองหรือตอบข้อสงสัยของปัญหานั้นขั้นที่ 2 ขั้นสำรวจและค้นหา เป็นขั้นที่นักเรียนทำความเข้าใจกับประเด็นปัญหาที่ได้รับและร่วมกันวางแผน ตั้งสมมติฐาน หาวิธีการค้นคว้าเพื่อให้ได้มาซึ่งความรู้ ดังเช่น ในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 นักเรียนจะได้ร่วมกันค้นหาความรู้ด้วยตนเองโดยผ่านสื่อทั้งวิดีโอและเอกสารประกอบการเรียน พบว่า นักเรียนส่วนใหญ่ให้ความสนใจ และมีส่วนร่วมในการตอบคำถามมากขึ้น ซึ่งการให้นักเรียนเลือกแหล่งการเรียนรู้เองนั้นเป็นการเปิดโอกาสให้นักเรียนศึกษาด้วยตัวเองจากสิ่งที่พวกเขาสนใจ ซึ่งจะทำให้ผู้เรียนนั้นฝึกสร้างองค์ความรู้ด้วยตนเองจากแหล่งการเรียนรู้ต่าง ๆ ซึ่งสอดคล้องกับแนวคิดของบรูเนอร์ (Brunner, 1963, pp. 1-54 อ้างถึงใน ทิศนา แขมณี, 2555, หน้า 66) ที่กล่าวว่ามนุษย์เลือกที่จะรับรู้ในสิ่งที่ตนเองสนใจและการเรียนรู้เกิดจากกระบวนการค้นพบด้วยตัวเอง

(Discovery learning) ขั้นที่ 3 ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป เป็นขั้นตอนที่ผู้เรียนได้นำเสนอองค์ความรู้ที่ตนเข้าใจหน้าชั้นเรียนหรือมีการแลกเปลี่ยนความรู้กับเพื่อนแล้วนำมาอภิปรายร่วมกับครูผู้สอนเพื่อช่วยกันสรุปองค์ความรู้ที่ถูกต้อง และหากมีความคลาดเคลื่อนเกิดขึ้นครูผู้สอนจะช่วยปรับข้อมูลและสร้างความรู้ใหม่ได้ ขั้นที่ 4 ขั้นขยายความรู้ ในขั้นนี้จะเป็นการเชื่อมโยงความรู้เดิมที่มีอยู่กับสถานการณ์ใหม่ที่ครูสร้างขึ้น โดยใช้คำถามหรือโจทย์ปัญหาในแบบฝึกหัด มาช่วยเพิ่มความรู้ให้นักเรียนรวมถึงช่วยฝึกให้นักเรียนแยกแยะและวิเคราะห์องค์ประกอบรวมถึงเชื่อมโยงความสัมพันธ์เนื้อหาที่เรียนกับสิ่งรอบตัว หรือเชื่อมโยงเข้ากับตัวอย่างสถานการณ์หรือปัญหาทั้งเก่าและใหม่ได้ดีขึ้น อีกทั้งยังทำให้นักเรียนมีความรู้ที่กว้างขวางและลึกซึ้งด้วย และขั้นที่ 5 ขั้นประเมินผล เป็นการตรวจสอบความรู้ของนักเรียนโดยผ่านการทำแบบฝึกหัดท้ายบทในแต่ละหัวข้อนั้น ๆ และให้ผู้เรียนทำการแบบบันทึกการเรียนรู้เพื่อให้นักเรียนได้แสดงความคิดเห็นเกี่ยวกับการจัดการเรียนการสอนในแต่ละครั้งว่านักเรียนมีความคิดเห็นอย่างไรต่อเรื่องที่เรียน ไม่ว่าจะเป็นการตรวจสอบมโนทัศน์ต่อเรื่องที่เรียน ปัญหาที่พบและแนวทางแก้ปัญหาที่เกิดขึ้น ซึ่งข้อเสนอแนะดังกล่าวครูผู้สอนจะนำไปปรับปรุงการจัดการเรียนการสอนและใช้ในครั้งถัดไป

ในระหว่างการจัดการเรียนแบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) มีการแทรกคำถามเชิงวิเคราะห์เข้าไปด้วย ซึ่งมี 3 ประเภท คือ คำถามวิเคราะห์ความสำคัญ คำถามวิเคราะห์ความสัมพันธ์ และคำถามวิเคราะห์หลักการ เพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดอย่างต่อเนื่องและสอดคล้องกับ คำกล่าวที่ว่า “คำถามทำให้เกิดพลังในการเรียนรู้ ช่วยให้นักเรียนพัฒนาความคิดระดับสูง ในการตอบคำถาม แก้ปัญหา เสนอทางออกของปัญหา และการถามคำถามยังเป็นการกำหนดวิธีการเรียนรู้ของผู้เรียนด้วย” (สสวท., 2555, หน้า 60) นอกจากนี้การใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ แทรกเข้าไปในการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ในทุกขั้นตอนยังเป็นการกระตุ้นให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาทางความคิด สอดคล้องกับแนวคิดของ Jay McTighe (1991 อ้างถึงใน ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์, 2553, หน้า 3) ที่ว่า “คำถามจะทำให้ผู้เรียนมีแง่มุมความคิดที่แปลกใหม่ เกิดการอภิปรายอย่างกว้างขวางนำไปสู่ความเข้าใจและเกิดการเรียนรู้ตามจุดมุ่งหมายที่กำหนดไว้ ผู้สอนที่ใช้คำถามที่ใช้ทักษะการคิดขั้นสูงจะช่วยยกระดับการเรียนรู้ของผู้เรียนได้” อีกทั้งการถามนั้นยังสามารถทำให้เกิดมโนทัศน์ได้อีกด้วย ดังที่ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์ (2553, หน้า 7-13) ระบุว่า “การถามทำให้ให้เกิดความคิดรวบยอดได้ แต่ต้องถามในลักษณะเพื่อให้ผู้เรียนใช้กระบวนการคิดเพื่อหาความสัมพันธ์ของข้อมูลย่อย ๆ แล้วสรุปเป็นหลักด้วยตนเอง และผู้วิจัยได้เพิ่มการทบทวนบทเรียนให้ผู้เรียนก่อนขั้นนำเข้าสู่บทเรียนในทุกครั้ง เนื่องจากพบปัญหาในระหว่างการจัดการเรียนการสอนคือ ขั้นนำเข้าสู่บทเรียนนั้น หากผู้วิจัยไม่ทำการทบทวนความรู้เดิม

จะทำให้ผู้เรียนไม่สามารถตอบคำถามวิเคราะห์ความสัมพันธ์ซึ่งจะถามเชื่อมโยงความรู้เดิมกับเหตุการณ์ที่สร้างขึ้นได้

นอกจากนี้เมื่อสิ้นสุดการเรียนในแต่ละวงจรครูผู้สอนจะนำคะแนนเก็บของนักเรียนแต่ละคนเพื่อให้นักเรียนเกิดแรงจูงใจในการเรียน ซึ่งเป็นอีกหนึ่งวิธีที่จำให้นักเรียนเกิดแรงกระตุ้นตั้งใจเรียนในห้องเรียนและหมั่นทบทวนบทเรียนอยู่เสมอซึ่งจะทำให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ที่สมบูรณ์ในแต่ละเรื่องได้ ซึ่งสอดคล้องกับ จำนง พรายแย้มแข (2516, หน้า 49-50) ที่ได้เสนอวิธีการสอนเพื่อให้เกิดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ว่า ในการสอนต้องมีตัวอย่างประกอบมาก ๆ รวมทั้งใช้อุปกรณ์ประกอบการสอนให้เหมาะสม พยามยามให้นักเรียนได้รับประสบการณ์ตรงมากที่สุด เปิดโอกาสให้นักเรียนมีส่วนร่วมในกิจกรรมต่างๆและส่งเสริมให้นักเรียนรู้จักใช้ความคิดในการหาเหตุผลเสมอ ก็จะทำให้นักเรียนเกิดมโนทัศน์ขึ้น จากขั้นตอนเหล่านี้จะทำให้นักเรียนเกิดความชัดเจน ความสมบูรณ์ทางความคิดและสามารถสรุปมโนทัศน์ในแต่ละเรื่องและมีมโนทัศน์ที่ถูกต้องได้มากยิ่งขึ้น สอดคล้องกับงานวิจัยของเซปนี, ซาฮิน และไอเพค (Cepni, Sahin & Ipek, 2010, pp. 1-39) ที่ได้ทำการศึกษาผลของมโนทัศน์ เรื่องการจมการลอย ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับเทคนิคทำนายสังเกตอธิบาย (POE) การเปลี่ยนกรอบมโนทัศน์ (CCT) และการใช้เนื้อหาสั้น ๆ ในรูปแบบการ์ตูน เพื่อสอนเกี่ยวกับแนวคิด (CC) โดยมีเป้าหมายเพื่อศึกษาผลการสอนหลังจากใช้วิธีการดังกล่าวแล้ว ที่มีต่อการเปลี่ยนมโนทัศน์เกี่ยวกับการจมการลอย โดยกลุ่มทดลองได้รับการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับหลายเทคนิค และกลุ่มควบคุมใช้รูปแบบการเรียนรู้แบบ 5 ขั้น (5E) ของกระทรวงศึกษาธิการ พบว่า กลุ่มทดลองมีการเปลี่ยนแปลงมโนทัศน์ที่ถูกต้องหลังได้รับการสอนด้วยรูปแบบดังกล่าวสูงกว่ากลุ่มควบคุมอย่างมีนัยสำคัญที่ .05 และงานวิจัยของสิโรฒน์ บุญเลิศ (2555) ได้ทำการศึกษาผลของการใช้รูปแบบการเรียนที่การสอน 5E ร่วมกับกลวิธีการสะท้อนอภิปัญญาที่มีผลต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนมติทางวิทยาศาสตร์ และอภิปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 ในรายวิชาเคมีพื้นฐาน พบว่า นักเรียนที่ได้รับรูปแบบการสอนดังกล่าวมีมโนมติทางวิทยาศาสตร์หลังเรียนสูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากผลการวิจัยหากหากพิจารณาคะแนนเป็นรายบุคคลจะพบว่ามีผู้เรียนจำนวนหนึ่งที่มีการพัฒนาทางด้านมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม ค่อนข้างน้อย เช่น คนที่ 1, 3, 7, 12, 16, 22 จากการสังเกตและสอบถามผู้เรียน พบว่า สาเหตุที่ทำให้นักเรียนยังมีมโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อนอยู่น่าจะมาจากพฤติกรรมในการเรียน ได้แก่ นักเรียนกลุ่มนี้จะเป็นนักเรียนกลุ่มที่มักจะเข้าเรียนช้า และขณะจัดกิจกรรมการเรียนการสอนนักเรียนจะไม่ค่อยร่วมแสดงความคิดเห็นร่วมกันกับสมาชิกภายในกลุ่ม มีการนำงานวิชาอื่นขึ้นมาทำ อีกทั้งนักเรียนยังมี

ความคิดเดิมคือ หากนักเรียนสอบไม่ผ่านนักเรียนสามารถสอบซ่อมใหม่ได้ทำให้นักเรียนไม่ให้ความสำคัญกับการสอบ ส่วนนักเรียนที่มีพัฒนาการด้านมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์สูง เช่น คนที่ 5, 6, 17, 19, 21 พบว่า พฤติกรรมที่ส่งผลต่อมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียนนั้น ได้แก่ นักเรียนมีส่วนร่วมในการเรียนทุกขั้นตอน เมื่อมีข้อสงสัยเกิดขึ้นนักเรียนจะซักถามและหมั่นทบทวนความรู้สม่ำเสมอ บางครั้งนักเรียนยังมีการนำโจทย์ปัญหาที่นอกเหนือจากในห้องเรียนมาซักถามจึงทำให้นักเรียนมีมโนทัศน์ที่ถูกต้อง

จากผลวิจัยดังกล่าวทำให้คาดการณ์ได้ว่า นอกจากปัจจัยทางกายภาพ เช่น สภาพอากาศ บรรยากาศในการเรียน แล้วยังมีปัจจัยที่เกิดจากระบบการคิดภายในตัวของผู้เรียนด้วยซึ่ง นักเรียนยังไม่ยอมเปิดใจที่จะเรียนรู้ ทั้งในการเรียนในห้องเรียน และการยังใช้ขั้นตอนวิธีลัดที่ได้มาจากการเรียนพิเศษ ทำให้มโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม ของนักเรียน ยังมีความคลาดเคลื่อน

2. นักเรียนมีการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์สูงกว่าก่อนเรียนอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01 และมีพัฒนาการอยู่ในระดับกลาง เฉลี่ยร้อยละ 49.09 ซึ่งอยู่ในระดับกลาง และเมื่อวิเคราะห์เป็นรายด้านแล้ว พบว่า ด้านการวิเคราะห์ความสำคัญ มีคะแนนพัฒนาการสูงที่สุด ร้อยละ 51.00 รองลงมาเป็น ด้านการวิเคราะห์ความสัมพันธ์ ร้อยละ 50.32 และด้านการวิเคราะห์หลักการ ร้อยละ 46.40 ตามลำดับ ทั้งนี้อาจเนื่องมาจากการใช้คำถามเชิงคิดวิเคราะห์กระตุ้นการคิดและการอธิบายสื่อความหมายของนักเรียน ซึ่งสุวิทย์ มูลคำ และอรทัย มูลคำ (2545, หน้า 74-75) ได้ระบุว่า “การใช้คำถามเป็นกระบวนการที่สามารถพัฒนากระบวนการทางความคิดของผู้เรียนได้ โดยผู้สอนเป็นผู้ป้อนคำถามในลักษณะต่าง ๆ ที่เป็นคำถามที่ดีให้แก่ผู้เรียน จะทำให้ผู้เรียนเกิดการพัฒนาความคิดและการถามเพื่อให้ผู้เรียนใช้ความคิดเชิงเหตุผล วิเคราะห์ วิจารณ์ สังเคราะห์ หรือประเมินค่าเพื่อจะตอบคำถามเหล่านั้นยังทำให้ผู้เรียนได้พัฒนาการคิดขั้นสูงอีกด้วย” นอกจากนี้การถามในลักษณะให้นักเรียนได้คิดหาวิธีการที่หลากหลายเพื่อให้ได้มาซึ่งคำตอบทั้งการคิดวิเคราะห์ความสำคัญ การคิดวิเคราะห์ความสัมพันธ์และการคิดวิเคราะห์หลักการ ซึ่งจะช่วยให้นักเรียนมีการพัฒนาทักษะด้านการคิด การที่นักเรียนจะเกิดการคิดวิเคราะห์ได้นั้น ผู้เรียนจะต้องสามารถตอบคำถามที่เกี่ยวกับความสงสัยใคร่รู้ของผู้ถามเกี่ยวกับเหตุการณ์หรือสิ่งที่พบเห็น เช่น ใคร ทำอะไร ที่ไหน เมื่อใด อย่างไร เพราะเหตุใด แต่ส่วนใหญ่แล้วเมื่อนักเรียนรู้หลักการและทฤษฎีแล้ว นักเรียนมักจะวิเคราะห์วิธีการให้ได้มาซึ่งความตอบมากกว่าที่จะหาสาเหตุและเชื่อมโยงหา

ความสัมพันธ์ของเนื้อหา จากผลการศึกษาข้างต้นพบว่า สอดคล้องกับงานวิจัยของ วรวุฒิ บ่อคำ (2554) ซึ่งได้ทำการศึกษาผลของการคิดวิเคราะห์และผลงานหรือชิ้นงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4 เรื่อง คลื่นแม่เหล็กและการเหนี่ยวนำไฟฟ้า ที่ได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามปลายเปิด โดยผลการวิจัยพบว่านักเรียนมีการคิดวิเคราะห์เกิดขึ้นทั้ง 3 ลักษณะ คือ การคิดวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์องค์ประกอบที่เกี่ยวข้อง การคิดวิเคราะห์ขั้นตอนการทำหรือวิธีทำ และการคิดวิเคราะห์หาสาเหตุหรือเชื่อมโยงความสัมพันธ์ได้ในทุกแผนการเรียนรู้ นอกจากนี้ยังสอดคล้องกับงานวิจัยของ พัชรีนาถ นันทะกุล (2555) ที่ได้ทำการศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางการอ่านและการคิดวิเคราะห์ของนักเรียน หลังจากได้รับการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E เปรียบเทียบกับการจัดการเรียนรู้แบบ 4MAT ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ซึ่งพบว่า การจัดกิจกรรมการเรียนรู้ตามรูปแบบการเรียนรู้แบบ 5E และการเรียนรู้แบบ 4MAT ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ที่พัฒนาขึ้นมีประสิทธิภาพและประสิทธิผลเหมาะสม ซึ่งส่งผลให้ผู้เรียนมีผลสัมฤทธิ์ทางการอ่าน การคิดวิเคราะห์และความมั่นใจในตนเองสูงขึ้น และหลังเรียน พบว่า การคิดวิเคราะห์ของทั้ง 2 รูปแบบการจัดการเรียนรู้นั้นแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ .01

จากผลการวิจัยหากพิจารณาคะแนนเป็นรายบุคคลจะพบว่ามีผู้เรียนจำนวนหนึ่งที่มีการพัฒนาทางด้านการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ค่อนข้างน้อย เช่น คนที่ 3, 4, 6, 8, 10, 11, 13, 15 จากการสังเกตและสอบถามนักเรียน พบว่า พฤติกรรมที่ส่งผลต่อการคิดวิคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ของนักเรียน ได้แก่ การมีส่วนร่วมในชั้นเรียนคือ นักเรียนไม่ค่อยแสดงความคิดเห็นร่วมกับเพื่อนในกลุ่ม อีกทั้งตัวข้อสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์มีลักษณะเป็นบทความค่อนข้างยาว และมากถึง 10 บทความ อีกทั้งเนื้อหาของบทความนั้นไม่ค่อยสัมพันธ์กับเนื้อหาเรื่อง ฟิสิกส์อะตอม โดยตรง นักเรียนจึงมองว่าเป็นเรื่องไกลตัวและไม่เห็นความสำคัญเท่าที่ควร ส่วนนักเรียนที่มีคะแนนพัฒนาการด้านการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ในกลุ่มสูง เช่น คนที่ 1, 5, 7, 12 ,15, 22 พบว่า นักเรียนชอบอ่านหนังสือเพิ่มเติมที่เป็นเรื่องเกี่ยวกับความรู้รอบตัว อีกทั้งยังหมั่นติดตามข่าวสารอยู่สม่ำเสมอ จากที่กล่าวมาข้างต้น ทำให้สรุปได้ว่า การที่นักเรียนมีพัฒนาการด้านการคิดวิเคราะห์น้อยนั้นเกิดจากทั้งปัจจัยทางกายภาพและปัจจัยภายในระบบแนวคิดของผู้เรียน

ข้อเสนอแนะ

ข้อเสนอแนะทั่วไป

จากผลการวิจัยที่พบว่า การจัดการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ ช่วยให้มโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม สูงขึ้นได้นั้น ผู้วิจัยจึงมีข้อเสนอแนะในการนำผลการวิจัยไปใช้ดังนี้

1. การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ เป็นการจัดการเรียนรู้ที่เน้นการใช้คำถามเพื่อกระตุ้นให้นักเรียนเกิดการคิดวิเคราะห์สถานการณ์ หรือโจทย์ปัญหา ดังนั้นครูผู้สอนควรมีทักษะในการใช้คำถามที่ดี คือสามารถตั้งคำถามที่น่าสนใจ และกระตุ้นให้นักเรียนได้คิด ร่วมอภิปรายและแลกเปลี่ยนความคิดเห็นร่วมกัน เพื่อให้นักเรียนมองเห็นแนวทางในการหาคำตอบได้

2. ครูผู้สอนต้องศึกษาบทบาทหน้าที่ของตนเองในทุกขั้นตอนให้ชำนาญ เพื่อให้การจัดการเรียนการสอนเป็นไปอย่างราบรื่นและมีประสิทธิภาพ อีกทั้งครูผู้สอนควรอธิบายวัตถุประสงค์และขั้นตอนการทำกิจกรรมให้ชัดเจน เพื่อให้นักเรียนทุกคนเข้าใจตรงกันทุกครั้งก่อนดำเนินกิจกรรมการเรียนรู้

3. ครูผู้สอนควรมีการวางแผนในการจัดเนื้อหาและเวลาให้เหมาะสมต่อการเรียนรู้และการทำกิจกรรม เพื่อให้นักเรียนได้เนื้อหาสาระครบถ้วน เนื่องจากการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ในแต่ละเนื้อหาจะใช้เวลาในการหาคำตอบมากน้อยแตกต่างกันไป

ข้อเสนอแนะเพื่อการวิจัย

1. ควรมีการศึกษาการจัดการเรียนการสอนโดยใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามระดับสูงกับเนื้อหาวิชาฟิสิกส์หรือวิชาอื่น ๆ ที่มีธรรมชาติของวิชาใกล้เคียงกัน

2. ควรมีการใช้รูปแบบการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น เนื่องจากในขั้นตอนการทำวิจัย ผู้วิจัยพบว่าการทวนความรู้จะทำให้ทราบถึงความรู้เดิมของผู้เรียนและเป็นการเชื่อมโยงความรู้ในการนำเข้าสู่บทเรียนได้ดี ซึ่งในการจัดการแบบสืบเสาะหาความรู้ 7 ขั้น ได้มีวิธีในการทบทวนความรู้เดิมเป็นหนึ่งในขั้นตอนการจัดการเรียนรู้

บรรณานุกรม

กระทรวงศึกษาธิการ. (2551). *หลักสูตรแกนกลางการศึกษาขั้นพื้นฐาน พุทธศักราช 2551.* กรุงเทพฯ: กระทรวงศึกษาธิการ.

กัญญา สิทธิศุภเศรษฐ์. (2548). *ผลการใช้กิจกรรมการตั้งคำถามที่มีต่อทักษะการคิดวิเคราะห์ ของนักเรียนที่มีความสามารถทางการเรียนแตกต่างกัน.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

กิตติชัย สุธาสิโนบล. (2541). *ผลการใช้เทคนิคการตั้งคำถามครู ที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ และพฤติกรรมกลุ่มของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5.* ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเอกการประถมศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

กิตติพร ปัญญาภิญโญผล. (2541). *รูปแบบของวิธีการวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียน กรณีศึกษาสำหรับครูมัธยมศึกษา.* เชียงใหม่: ภาควิชาประเมินผลและวิจัยทางการศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.รายงานการวิจัย.

กฤษณา พึ่งธรรม. (2544). *การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนเพื่อพัฒนาศักยภาพของผู้เรียนตามแนวการปฏิรูปกระบวนการเรียนรู้ในวิชาคณิตศาสตร์ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิจัยและสถิติการศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

กรมวิชาการ. (2543). *รายงานการวิจัยเรื่องรูปแบบหรือแนวทางการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่เสริมสร้างคุณลักษณะดี เก่ง มีสุข ระดับประถมศึกษา.* กรุงเทพฯ: การศาสนา.

กรมวิชาการ. (2545). *สาระและมาตรฐานการเรียนรู้กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์.* กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

เกรียงศักดิ์ เจริญวงศ์ศักดิ์. (2547). *การคิดเชิงวิเคราะห์* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: ซัคเซส มีเดีย.

คณะกรรมการพัฒนาการสอนและผลิตวัสดุอุปกรณ์การสอนวิทยาศาสตร์. (2525). *ชุดการเรียนการสอนสำหรับครูวิทยาศาสตร์ เล่ม 1.* กรุงเทพฯ: ทบวงมหาวิทยาลัย.

ครุรักษ์ ภิรมย์รักษ์. (2544). *เรียนรู้และฝึกปฏิบัติการวิจัยในชั้นเรียน* (พิมพ์ครั้งที่ 4). ชลบุรี: งามช่าง.

คงรัฐ นวลแปง. (2547). *การใช้คำถามปลายเปิดเพื่อประเมินทักษะการสื่อสารและการให้เหตุผลทางคณิตศาสตร์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 5 โรงเรียนสา จังหวัดน่าน*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาคณิตศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

โครงการ PISA ประเทศไทย สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2556). *ผลการประเมิน PISA 2012*. กรุงเทพฯ: อรุณการพิมพ์.

ฆนัท ธาตุทอง. (2554). *สอนคิด: การจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนาการคิด* (พิมพ์ครั้งที่ 2). นครปฐม: เพชรเกษมการพิมพ์.

เจริญพร ดีลา. (2554). *ทฤษฏีการเรียนรู้ของ Bloom (Bloom's Taxonomy)*. เข้าถึงได้จาก https://www.l3nr.org/posts/478812.

จิระ ดีช่วย. (2554). *การพัฒนารูปแบบการเรียนการสอนตามทฤษฎีคอนสตรัคติวิซึมร่วมกับการคิดอย่างมีวิจารณญาณเพื่อเสริมสร้างมโนทัศน์ทางชีววิทยาและความสามารถในการสร้างองค์ความรู้ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. ดุษฎีนิพนธ์ปรัชญาดุษฎีบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, ฐัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศิลปากร.

จำนง พรายแย้มแข. (2516). *วิธีการสอนกระบวนการคิด*. กรุงเทพฯ: ประสานการพิมพ์.

เฉลิมลาภ ทองอาจ. (2551). *การจัดการเรียนรู้หลักการใช้ภาษาไทยโดยใช้รูปแบบการสอนมโนทัศน์*. วารสารศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา, *20*(1), 1-14.

ชนาธิป พรสกุล. (2554). *การสอนกระบวนการคิด ทฤษฎีและการนำไปใช้* (พิมพ์ครั้งที่ 2). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2552). *80 นวัตกรรมการจัดการเรียนรู้ที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ*. กรุงเทพฯ: แดเน็กซ์ อินเตอร์คอร์ปอเรชั่น.

ชัยวัฒน์ สุทธิรัตน์. (2553). *เทคนิคการใช้คำถามพัฒนาการคิด*. กรุงเทพฯ: สหมิตรพริ้นติ้งแอนด์พับลิสชิ่ง.

ชุติมา รอดสุด. (2550). *ผลของการเรียนการสอนตามแนวคอนสตรักติวิสต์ที่มีต่อมโนทัศน์ชีววิทยาและความสามารถในการให้เหตุผลเชิงอุปนัยของนักเรียนมัธยมศึกษาตอนปลาย*. วิทยานิพนธ์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรการสอนและเทคโนโลยีการศึกษา, คณะครุศาสตร์, จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ณรงค์ กาญจนะ. (2553). *เทคนิคและทักษะการสอนเบื้องต้น เล่ม 2*. กรุงเทพฯ: จรัลสนิทวงศ์การพิมพ์.

ทิศนา แขมมณี. (2555). *ศาสตร์การสอน: องค์ความรู้เพื่อการจัดกระบวนการเรียนรู้ที่มีประสิทธิภาพ* (พิมพ์ครั้งที่ 6). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ธวัชชัย คงนุ่ม. (2550). *ผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนและมโนมติในวิชาวิทยาศาสตร์ เรื่อง พลังงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1 ที่ได้รับการจัดการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ตามแนววงจรการเรียนรู้*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

บัญชา แสนทวี. (2545). *การวิจัยในชั้นเรียน: จากทฤษฎีสู่ปฏิบัติ*. กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.

ประจวบจิตร คำจัตุรัส. (2535). *ประมวลผลงานการศึกษาและการวิจัยที่เกี่ยวกับผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ของนักเรียนในโรงเรียนมัธยมศึกษา*. นนทบุรี: มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

ประวิต เอราวรรณ์. (2542). *การวิจัยในชั้นเรียน*. กรุงเทพฯ: ดอกหญ้าวิชาการ

ผกาทิพย์ สังฆะมณี. (2555). *ผลของการใช้วิจัยเชิงปฏิบัติการในการพัฒนากิจกรรมการเรียนรู้โดยใช้รูปแบบการสอนตามแนวคิดวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี และสังคม (STS) เรื่อง ระบบนิเวศ*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ผ่องพรรณ ตรัยมงคลกูล. (2544). *การวิจัยในชั้นเรียน* (พิมพ์ครั้งที่ 3). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

พัชรีนาถ นันทะกุล. (2555). *การเปรียบเทียบผลสัมฤทธิ์ด้านการอ่าน การคิดวิเคราะห์และความมั่นใจในตนเองของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 4 ระหว่างการเรียนรู้แบบ 4MATและการเรียนรู้แบบ 5E*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

พรรณี ชูทัย เจนจิต. (2538). *จิตวิทยาการเรียนการสอน* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: ต้นอ้อ แกรมมี่.

พินันทร์ คงคาเพชร. (2552). *การปฏิบัติการในชั้นเรียน*. กรุงเทพฯ: แดเน็กซ์ อินเตอร์คอร์ปอเรชั่น.

พิมพันธ์ เดชะคุปต์. (2544). *การเรียนการสอนที่เน้นผู้เรียนเป็นสำคัญ: แนวคิด วิธีและเทคนิคการสอน 1*. กรุงเทพฯ: เดอะมาสเตอร์กรุ๊ป แมเนจเม้นท์.

พวงรัตน์ ทวีรัตน์. (2540). *วิธีวิจัยทางพฤติกรรมศาสตร์และสังคมศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 7). กรุงเทพฯ: สำนักพิมพ์จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

ไพฑูรย์ สุขศรีงาม. (2545). *ความรู้วิทยาศาสตร์*. มหาสารคาม: คณะวิทยาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. เอกสารประกอบการสอนวิชาสัมมนาการสอนวิทยาศาสตร์.

ไพศาล วรคำ. (2555). *การวิจัยทางการศึกษา (Educational research)*. มหาสารคาม: ตักสิลาการพิมพ์.

ภพ เลาหไพบูลย์. (2542). *แนวการสอนวิทยาศาสตร์* (พิมพ์ครั้งที่ 3 ฉบับปรับปรุง). กรุงเทพฯ: ไทยวัฒนาพาณิช.

มนมนัส สุดสิ้น. (2543). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์และความสามารถด้านคิดวิเคราะห์วิจารณ์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ประกอบการเขียนแผนผังมโนมติ*. ปริญญานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาเอกการมัธยมศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

มานิต พิทักษ์. (2553). *การพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์จากกรอ่าน กลุ่มสาระการเรียนรู้ภาษาไทยชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 โดยใช้คำถามเชิงวิเคราะห์*. วิทยานิพนธ์ครุศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยราชภัฏมหาสารคาม.

มาลี จุฑา. (2542). จิต*วิทยาการเรียนการสอน* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: อักษราพิพัฒน์.

ยาใจ พงษ์บริบูรณ์. (2537). *หลักการวิจัยเชิงปฏิบัติการ*. กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.

รัตนะ บัวสนธ์. (2552). *การวิจัยและพัฒนานวัตกรรมการศึกษา*. กรุงเทพฯ: คำสมัย.

รุจาภา ประถมวงษ์. (2551). *การเปรียบเทียบความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ทักษะกระบวนการทางวิทยาศาสตร์ขั้นพื้นฐาน และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน กลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์ เรื่อง สารในชีวิตประจำวัน ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6 ที่เรียนแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 5 ขั้น (5E) กับแบบวัฏจักรการเรียนรู้ 7 ขั้น (7E)*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาการวิจัยการศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

ล้วน สายยศ และอังคณา สายยศ. (2538). *เทคนิคการวิจัยทางการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: สุวีริยาสาสน์.

วนิดา ธนประโยชน์ศักดิ์. (2555). *การจัดประสบการณ์การเรียนรู้วิทยาศาสตร์*. นนทบุรี: คณะศึกษาศาสตร์ บัณฑิตศึกษา มหาวิทยาลัยสุโขทัยธรรมาธิราช.

วิมลรัตน์ สุนทรโรจน์. (2549). *การพัฒนาการเรียนการสอนภาควิชาหลักสูตรและการสอน*. มหาสารคาม: ภาคหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม. เอกสารคำสอน.

วีณา ประชากูล และประสาท เนืองเฉลิม. (2553). *รูปแบบการเรียนการสอน*. มหาสารคาม: มหาวิทยาลัยมหาสารคาม.

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

วรวุฒิ บ่อคำ. (2554). *ผลของการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น ร่วมกับคำถามปลายเปิด เรื่องแม่เหล็กไฟฟ้าเหนี่ยวนำต่อการวิเคราะห์ การคิดสังเคราะห์ และผลงานของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 4*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยขอนแก่น.

ศศิธร เวียงวะลัย. (2556). *การจัดการเรียนรู้ (Learning management).* กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

ศักดิ์ชัย หิรัญรักษ์. (2557). *จุดมุ่งหมายทางการศึกษา (Taxonomy of educations) ฉบับปรับปรุงใหม่ 2001 โดย Anderson และ Krathwohl จากฉบับของ Benjamin Bloom*. เข้าถึงได้จาก http://www.musickrusak.com/article/c8adebb7.pdf

ศิริชัย กาญจนวาสี. (2557). การคิดคะแนนพัฒนาการ. *สารสมาคมวิจัยสังคมศาสตร์แห่งประเทศไทย*. *1*(1), 12-13.

ศิริญญา ทาคำถา. (2550). *ความสามารถในการคิดอย่างมีเหตุผลเชิงวิทยาศาสตร์ของนักเรียนช่วงชั้นที่ 3 ที่ได้รับการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้โดยเน้นการใช้คำถามระดับสูง*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์ศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่

ศิลา สงอาจินต์. (2551). *ผลของการจัดการเรียนรู้โดยใช้วิธีการสืบเสาะหาความรู้ที่มีต่อความสามารถในการคิดวิเคราะห์ ความสามารถในการคิดแก้ปัญหา และผลสัมฤทธิ์ทางการเรียนวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นประถมศึกษาปีที่ 6*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยทักษิณ.

สถาบันทดสอบทางการศึกษาแห่งชาติ (องค์การมหาชน). (2556). เข้าถึงได้จาก http://www.niets.or.th/

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2551). *คู่มือครูรายวิชาเพิ่มเติมฟิสิกส์ เล่ม 3*. กรุงเทพฯ:โรงพิมพ์ สกสค.ลาดพร้าว.

สถาบันส่งเสริมการสอนวิทยาศาสตร์และเทคโนโลยี. (2555). *ครูวิทยาศาสตร์มืออาชีพ แนวทางสู่การเรียนการสอนที่มีประสิทธิผล*. กรุงเทพฯ: อินเตอร์เอ็ดดูเคชั่น ซัพพลายส์.

สิโรฒม์ บุญเลิศ. (2555). *ผลการใช้รูปแบบการเรียนการสอน 5E ร่วมกับกลวิธีการสะท้อนอภิปัญญาที่มีต่อผลสัมฤทธิ์ทางการเรียน มโนมติทางวิทยาศาสตร์ และอภิปัญญาของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาตอนปลาย*. วิทยานิพนธ์การศึกษามหาบัณฑิต, สาขาวิชาหลักสูตรและการสอน, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยทักษิณ.

สุนีย์ เหมะประสิทธิ์. (2540). *การเสริมสร้างศักยภาพนักเรียนกรุงเทพมหานคร ด้านวิทยาศาสตร์และมิติสัมพันธ์*. กรุงเทพฯ: ภาคหลักสูตรและการสอน คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ.

สุรางค์ โค้วตระกูล. (2554). *จิตวิทยาการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 10). กรุงเทพฯ: โรงพิมพ์แห่งจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย.

สุริสา ไวแสน. (2555). *การจัดการเรียนรู้ เรื่อง สารละลายกรด-เบส โดยการสอนแบบสืบเสาะหาความรู้ร่วมกับการใช้คำถามและผังมโนมติ เพื่อพัฒนาทักษะการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 1*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิทยาศาสตร์, คณะศึกษาศาสตร์, มหาวิทยาลัยเกษตรศาสตร์.

สุวัฒน์ นิยมค้า. (2517). *การสอนวิทยาศาสตร์แบบพัฒนาความคิด: Teaching science through inquiry approach*. กรุงเทพฯ: วัฒนาพานิช.

สุวัฒน์ นิยมค้า. (2531). *ทฤษฎีและทางปฏิบัติในกาสอนวิทยาศาสตร์แบบสืบเสาะหาความรู้*. กรุงเทพฯ: เจเนอรัลบุ๊คส์ เซ็นเตอร์.

สุวิทย์ มลคำ และอรทัย มูลคำ. (2545). *21 วิธีการจัดการเรียนรู้เพื่อพัฒนากระบวนการคิด*. กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

สุวิทย์ มูลคำ. (2551). *กลยุทธ์...การสอนคิดแก้ปัญหา* (พิมพ์ครั้งที่ 4). กรุงเทพฯ: ภาพพิมพ์.

สุวิมลอ ว่องวาณิช. (2548). *การวิจัยปฏิบัติการในชั้นเรียน*. กรุงเทพฯ: ด่านสุทธาการพิมพ์.

สมคิด ฟูมี. (2539). *การวิจัยเชิงปฏิบัติการในชั้นเรียนวิชาคณิตศาสตร์ระดับปฐมศึกษาสำหรับนักเรียนชาวเขาเผ่ากะเหรี่ยง*. วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาวิจัยและสถิติการศึกษา, คณะศึกษาศาสตร์, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

สมจิต สวธนไพบูลย์. (ม.ป.ป). *วิทยาศาสตร์สำหรับครูประถม*. กรุงเทพฯ: มหาวิทยาลัยศรีนครินทรวิโรฒ ประสานมิตร.

สมนึก ภัททิยธนี. (2549). *การวัดผลการศึกษา* (พิมพ์ครั้งที่ 5). กาฬสินธุ์: ประสานการพิมพ์.

สมบัติ กาญจนารักษ์พงศ์. (2549). *เทคนิคการจัดกิจกรรมการเรียนรู้แบบ 5E ที่เน้นพัฒนาทักษะการคิดขั้นสูง*. กรุงเทพฯ: ธารอักษร.

สมบัติ ท้ายเรือคำ. (2551). *ระเบียบวิธีวิจัยสำหรับมนุษยศาสตร์และสังคมศาสตร์*. กาฬสินธุ์: ประสานมิตร.

สมโภชน์ อเนกสุข. (2553). *วิธีการทางสถิติสำหรับการวิจัย* (พิมพ์ครั้งที่ 4). ชลบุรี: คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน. (2547). *การใช้แหล่งเรียนรู้ในโรงเรียนและชุมชน.* กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาแห่งชาติ สำนักนายกรัฐมนตรี. (2545). *พระราชบัญญัติการศึกษาแห่งชาติ พ.ศ. 2545*. กรุงเทพฯ: คุรุสภาลาดพร้าว.

สำนักบริหารงานการมัธยมศึกษาตอนปลาย สำนักงานคณะกรรมการการศึกษาขั้นพื้นฐาน กระทรวงศึกษาธิการ. (2558). *แนวทางการจัดทักษะการเรียนรู้ในศตวรรษที่ 21 ที่เน้นสมรรถนะสาขาวิชาชีพ*. กรุงเทพฯ: ชุมนุมสหกรณ์การเกษตรแห่งประเทศไทย.

อัศวรัฐ นามะกันคำ. (2550). *การเปรียบเทียบความเข้าใจเชิงแนวคิด เรื่อง วงจรไฟฟ้ากระแสตรง.* วิทยานิพนธ์วิทยาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์,บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อภิเชษฐ ศิริรัตน์. (2541). *การวิจัยเชิงปฏิบัติการเพื่อปรับปรุงคุณภาพการเรียนการสนวิชาคณิตศาสตร์ในชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 2 โรงเรียนเทศบาลสันป่ายางหน่อม จังหวัดลำพูน.* วิทยานิพนธ์ศึกษาศาสตรมหาบัณฑิต, สาขาวิชาการศึกษาและการสอน, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยเชียงใหม่.

อาร์ม โพธิ์พัฒน์. (2550). *การศึกษาผลสัมฤทธิ์ทางวิทยาศาสตร์และวามสามารถในการคิดวิเคราะห์ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 3 ที่ได้รับการสอนโดยใช้ชุดกิจกรรมการเขียนผังมโนมติ.* ปริญญานิพนธ์มหาบัณฑิต, สาขาวิชาการสอนมัธยมศึกษา, บัณฑิตวิทยาลัย, มหาวิทยาลัยศรีนครินทร์วิโรฒ.

อาภรณ์ ใจเที่ยง. (2546). *หลักการสอน* (พิมพ์ครั้งที่ 3 ฉบับปรับปรุง). กรุงเทพฯ: โอเดียนสโตร์.

Bloom, B. S. (1956). *Taxonomy of educational objectives*. New York: David Mckay.

Bloom, B. S. (1976). *Human characteristics and school learning*. New York: McGraw-Hill.

Bybee, R. W. (1989). Integrating the history and nature of science and technology in science and social studies curriculum. *Science Education*, *75*(1), 143-145.

Cepni, Sahin & Ipek, (2010). Teaching floating and sinking concepts with different methods and techniques based on the 5E instructional model. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*. *11*(2), 1-39.

Gallagher S. A., Stepien W. J., Sher B. T. & Workman D. (March 1995). Implementing problem-based learning in science classrooms. *School Science and Mathematics*, *108,* 136-146.

Hedgepeth, D. J. (1996). A comparison study of the learning cycle and a traditional instructional sequence in eaching an Eighth-Grade science topic.. *Dissertation abstracts international*, *57*(2), 628-A.

Jinkins D. B. (2000). Impact of teacher understanding and practice of the teaching/ learning cycle on teacher, decision-making in beginning reading instruction: A naturalistic inquiry. *Dissertation abstracts international*, *61*(1), 71-A.

Koshy, V. (2010). *Action research for improving educational practice: A step-by-step guide*. (2nd ed). Cornwall: TJ International.

Nasseri, A. S. (1986). An introductory chemistry laboratory model incorporating learning cycle strategies for Iranian High School. *Dissertation Abstracts International*. *51*(46), 1894-A.

Odum, A. L. & Kelly, P. V. (2001). Intregrating concept mapping and the learning cycle to teach diffusion and osmosis concept to high school biology students. *Science Education, 85*, 615-635.

ภาคผนวก

ภาคผนวก ก

1. รายนามผู้เชี่ยวชาญ
2. สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการตรวจความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย
3. สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือวิจัย
4. สำเนาหนังสือขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

รายนามผู้เชี่ยวชาญ

1. รศ.เรวัฒน์ เหล่าไพบูลย์ อาจารย์ประจำภาควิชา ฟิสิกส์ คณะวิทยาศาสตร์
มหาวิทยาลัยอุบลราชธานี
ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนการสอนวิชาฟิสิกส์

2. ดร.สมพงษ์ ปั้นหุ่น อาจารย์ประจำ ภาควิชาการวิจัยและจิตวิทยา
ประยุกต์ คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา
ผู้เชี่ยวชาญด้านการวัดและประเมินผล

3. ดร.ปรีชา ไพรินทร์ หัวหน้าฝ่ายงานวิชาการ
โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี จ.ชลบุรี
ผู้เชี่ยวชาญด้านหลักสูตรและการสอน

4. ครูธีรพงศ์ อ่อนอก ครูกลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี จ.ชลบุรี
ผู้เชี่ยวชาญด้านการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหา
ความรู้ 5 ขั้น (5E)

5. ครูเริงณรงค์ กงแก้ว หัวหน้ากลุ่มสาระการเรียนรู้วิทยาศาสตร์
โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี จ.ชลบุรี
ผู้เชี่ยวชาญด้านการสอนวิชาวิทยาศาสตร์

(สำเนา)

ที่ ศธ 6621/ว.1498

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

4 สิงหาคม 2558

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน รองศาสตราจารย์ เรวัฒน์ เหล่าไพบูลย์

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วยนางสาวศศิวิมล สนิทบุญ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ที่มีผลต่อมโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่องฟิสิกส์อะตอม" โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.ศรัณย์ ภิบาลชนม์ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ
เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์
(ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ ปฏิบัติการแทน
ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้
โทรศัพท์ 0-3839-3486, 0-3810-2069
โทรสาร 0-3839-3485
ผู้วิจัย 084-4712972

(สำเนา)

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะศึกษาศาสตร์ ภาควิชาการจัดการเรียนรู้ โทร 2029, 2069
ที่ ศธ 6621/2515 **วันที่** 4 สิงหาคม พ.ศ. 2558
เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย
เรียน ดร. สมพงษ์ ปั้นหุ่น

ด้วยนางสาวศศิวิมล สนิทบุญ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ที่มีผลต่อมโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่องฟิสิกส์อะตอม" โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.ศรัณย์ ภิบาลชนม์ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ
เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์
(ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ ปฏิบัติการแทน
ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

(สำเนา)

ที่ ศธ 6621/ว.1498

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

4 สิงหาคม 2558

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน ดร.ปรีชา ไพรินทร์

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วยนางสาวศศิวิมล สนิทบุญ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง "ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ที่มีผลต่อมโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่องฟิสิกส์อะตอม" โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.ศรัณย์ ภิบาลชนม์ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ
เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์
(ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ ปฏิบัติการแทน
ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้
โทรศัพท์ 0-3839-3486, 0-3810-2069
โทรสาร 0-3839-3485
ผู้วิจัย 084-4712972

(สำเนา)

ที่ ศธ 6621/ว.1498

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

4 สิงหาคม 2558

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน อาจารย์ธีรพงศ์ อ่อนอก

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วยนางสาวศศิวิมล สนิทบุญ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ที่มีผลต่อมโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่องฟิสิกส์อะตอม” โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.ศรัณย์ ภิบาลชนม์ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ
เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์
(ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ ปฏิบัติการแทน
ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้
โทรศัพท์ 0-3839-3486, 0-3810-2069
โทรสาร 0-3839-3485
ผู้วิจัย 084-4712972

(สำเนา)

ที่ ศธ 6621/ว.1498

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

4 สิงหาคม 2558

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัย

เรียน องจารย์เริงณรงค์ กงแก้ว

สิ่งที่ส่งมาด้วย เค้าโครงย่อวิทยานิพนธ์ และเครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วยนางสาวศศิวิมล สนิทบุญ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ที่มีผลต่อมโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่องฟิสิกส์อะตอม” โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.ศรัณย์ ภิบาลชนม์ ประธานกรรมการ ขณะนี้อยู่ในขั้นตอนการสร้างเครื่องมือเพื่อการวิจัย ในการนี้คณะศึกษาศาสตร์ ได้พิจารณาแล้วเห็นว่าท่านเป็นผู้เชี่ยวชาญในเรื่องดังกล่าวเป็นอย่างดี จึงขอความอนุเคราะห์จากท่านในการตรวจสอบความเที่ยงตรงของเครื่องมือเพื่อการวิจัยของนิสิตในครั้งนี้

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ
เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์
(ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ ปฏิบัติการแทน
ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้
โทรศัพท์ 0-3839-3486, 0-3810-2069
โทรสาร 0-3839-3485
ผู้วิจัย 084-4712972

(สำเนา)

ที่ ศธ 6621/1662

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

26 สิงหาคม 2558

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อหาคุณภาพของเครื่องมือการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการ โรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วยนางสาวศศิวิมล สนิทบุญ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ที่มีผลต่อมโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่องฟิสิกส์อะตอม” โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.ศรัณย์ ภิบาลชนม์ ประธานกรรมการ มีความประสงค์ขออำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/3 โดยผู้วิจัยจะขออนุญาตเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ระหว่างวันที่ 1- 4 กันยายน พ.ศ. 2558 อนึ่งโครงการวิจัยนี้ได้ผ่านขั้นตอนการพิจารณาทางจริยธรรมของหาวิทยาลัยบูรพาเรียบร้อยแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ
เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์
(ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ ปฏิบัติการแทน
ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้
โทรศัพท์ 0-3839-3486, 0-3810-2069
โทรสาร 0-3839-3485
ผู้วิจัย 084-4712972

(สำเนา)

ที่ ศธ 6621/1665

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

26 สิงหาคม 2558

เรื่อง ขอความอนุเคราะห์ในการเก็บรวบรวมข้อมูลเพื่อการวิจัย

เรียน ผู้อำนวยการโรงเรียนจุฬาภรณราชวิทยาลัย ชลบุรี

สิ่งที่ส่งมาด้วย เครื่องมือเพื่อการวิจัย จำนวน 1 ชุด

ด้วยนางสาวศศิวิมล สนิทบุญ นิสิตระดับบัณฑิตศึกษา หลักสูตรการศึกษามหาบัณฑิต สาขาวิชาการสอนวิทยาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา ได้รับอนุมัติให้ทำวิทยานิพนธ์ เรื่อง “ผลการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ที่มีผลต่อมโนทัศน์และการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 เรื่องฟิสิกส์อะตอม” โดยอยู่ในความควบคุมดูแลของ ดร.ศรัณย์ ภิบาลชนม์ ประธานกรรมการ มีความประสงค์ขออำนวยความสะดวกในการเก็บรวบรวมข้อมูลจากนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 โดยผู้วิจัยจะขออนุญาติเก็บรวบรวมข้อมูลด้วยตนเอง ระหว่างวันที่ 1 กันยายน พ.ศ. 2558 57 ถึงวันที่ 24 กันยายน พ.ศ. 2558 อนึ่งโครงการวิจัยนี้ได้ผ่านขั้นตอนการพิจารณาทางจริยธรรมของหาวิทยาลัยบูรพาเรียบร้อยแล้ว

จึงเรียนมาเพื่อโปรดพิจารณา คณะศึกษาศาสตร์ มหาวิทยาลัยบูรพา หวังเป็นอย่างยิ่งว่าคงจะได้รับความอนุเคราะห์จากท่านด้วยดี และขอขอบคุณอย่างสูงมา ณ โอกาสนี้

ขอแสดงความนับถือ
เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์
(ดร.เชษฐ์ ศิริสวัสดิ์)
รองคณบดีฝ่ายบัณฑิตศึกษา ปฏิบัติราชการแทน
คณบดีคณะศึกษาศาสตร์ ปฏิบัติการแทน
ผู้รักษาการแทนอธิการบดีมหาวิทยาลัยบูรพา

ภาควิชาการจัดการเรียนรู้
โทรศัพท์ 0-3839-3486, 0-3810-2069
โทรสาร 0-3839-3485
ผู้วิจัย 084-4712972

ภาคผนวก ข

ตารางการวิเคราะห์ข้อมูล

1. การวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม

2. การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม

3. การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบของแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์

4. การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม

5. การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (P) ค่าอำนาจจำแนก (r) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์วิทยาศาสตร์

6. คะแนนแบบทดสอบท้ายบทของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์

การวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม

ตารางที่ ข-1 ค่าประเมินความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม

แผนการจัดการเรียนรู้	$\bar{X}$	SD	ระดับความเหมาะสม
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1	4.70	0.43	มากที่สุด
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2	4.73	0.42	มากที่สุด
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3	4.70	0.45	มากที่สุด
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4	4.70	0.48	มากที่สุด
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5	4.80	0.35	มากที่สุด
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6	4.83	0.28	มากที่สุด
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7	4.83	0.33	มากที่สุด
เฉลี่ย	4.76	0.39	มากที่สุด

จากการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม ทั้ง 7 แผนการเรียนรู้ พบว่า มีค่าความเหมาะสมของแผนการจจัดการเรียนรู้เฉลี่ย 4.76 อยู่ในระดับความเหมาะสมมากที่สุด และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 0.39

การวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม

ตารางที่ ข-2 ค่าประเมินระดับความเหมาะสมจากผู้เชี่ยวชาญของแผนการจัดการเรียนรู้

รายการประเมินแนวการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	ประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3	4	5			
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 แบบจำลองอะตอมของโบร์								
ผลการเรียนรู้	5	5	5	4	5	4.80	0.40	มากที่สุด
สาระสำคัญ	5	5	4	5	5	4.80	0.40	มากที่สุด
จุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	4	4	5	4.40	0.49	มาก
กิจกรรมการเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.80	0.40	มากที่สุด
สื่อการเรียนรู้	5	4	5	5	5	4.80	0.40	มากที่สุด
การวัดและประเมินผลการเรียนรู้	4	5	4	5	5	4.60	0.49	มากที่สุด
เฉลี่ยทั้งแผน						4.70	0.43	
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 การแผ่รังสีของวัตถุดำ								
ผลการเรียนรู้	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
สาระสำคัญ	5	5	4	5	5	4.80	0.40	มากที่สุด
จุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	4	5	4.60	0.49	มากที่สุด
กิจกรรมการเรียนรู้	3	5	4	5	5	4.40	0.80	มาก
สื่อการเรียนรู้	5	4	5	5	5	4.80	0.40	มากที่สุด
การวัดและประเมินผลการเรียนรู้	4	5	5	5	5	4.80	0.40	มากที่สุด
เฉลี่ยทั้งแผน						4.73	0.41	

ตารางภาคที่ ข-2 (ต่อ)

รายการประเมินแนวการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	ประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ					$\overline{X}$	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3	4	5			
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 3 การทดลองของฟรังซ์และเฮิร์ต								
ผลการเรียนรู้	5	5	5	4	5	4.80	0.40	มากที่สุด
สาระสำคัญ	5	5	4	5	5	4.80	0.40	มากที่สุด
จุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	4	5	4.60	0.49	มากที่สุด
กิจกรรมการเรียนรู้	5	4	4	5	5	4.60	0.49	มากที่สุด
สื่อการเรียนรู้	5	4	5	5	5	4.80	0.40	มากที่สุด
การวัดและประเมินผลการเรียนรู้	4	5	4	5	5	4.60	0.49	มากที่สุด
เฉลี่ยทั้งแผน						4.70	0.44	
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 รังสีเอกซ์								
ผลการเรียนรู้	5	5	5	4	5	4.80	0.40	มากที่สุด
สาระสำคัญ	5	5	4	5	5	4.80	0.40	มากที่สุด
จุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	4	5	4.60	0.49	มากที่สุด
กิจกรรมการเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.80	0.40	มากที่สุด
สื่อการเรียนรู้	5	4	5	3	5	4.40	0.80	มาก
การวัดและประเมินผลการเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.80	0.40	มากที่สุด
เฉลี่ยทั้งแผน						4.70	0.48	
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก								
ผลการเรียนรู้	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
สาระสำคัญ	5	5	4	5	5	4.80	0.40	มากที่สุด
จุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	4	5	4.60	0.49	มากที่สุด
กิจกรรมการเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.80	0.40	มากที่สุด
สื่อการเรียนรู้	5	4	5	5	5	4.80	0.40	มากที่สุด
การวัดและประเมินผลการเรียนรู้	5	5	4	5	5	4.80	0.40	มากที่สุด
เฉลี่ยทั้งแผน						4.80	0.35	

ตารางภาคที่ ข-2 (ต่อ)

รายการประเมินแนวการจัดกิจกรรมการเรียนรู้	ประเมินจากผู้เชี่ยวชาญ					$\bar{X}$	*SD*	ระดับความเหมาะสม
	1	2	3	4	5			
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 6 ปรากฏการณ์คอมป์ตัน								
ผลการเรียนรู้	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
สาระสำคัญ	5	5	4	5	5	4.80	0.40	มากที่สุด
จุดประสงค์การเรียนรู้	4	5	5	4	5	4.60	0.49	มากที่สุด
กิจกรรมการเรียนรู้	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
สื่อการเรียนรู้	5	4	5	5	5	4.80	0.40	มากที่สุด
การวัดและประเมินผลการเรียนรู้	4	5	5	5	5	4.80	0.40	มากที่สุด
เฉลี่ยทั้งแผน						4.83	0.28	
แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 ทวิภาพของคลื่นและอนุภาค								
ผลการเรียนรู้	5	5	5	5	5	5.00	0.00	มากที่สุด
สาระสำคัญ	5	5	4	5	5	4.80	0.40	มากที่สุด
จุดประสงค์การเรียนรู้	5	5	5	4	5	4.80	0.40	มากที่สุด
กิจกรรมการเรียนรู้	4	5	5	5	5	4.80	0.40	มากที่สุด
สื่อการเรียนรู้	5	4	5	5	5	4.80	0.40	มากที่สุด
การวัดและประเมินผลการเรียนรู้	5	4	5	5	5	4.80	0.40	มากที่สุด
เฉลี่ยทั้งแผน						4.83	0.33	

จากการวิเคราะห์ความเหมาะสมของแผนการการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม ทั้ง 7 แผนการเรียนรู้ พบว่า มีค่าความเหมาะสมของแผนการจจัดการเรียนรู้เฉลี่ย 4.76 อยู่ในระดับความเหมาะสมมากที่สุด และมีส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐานเป็น 0.39

การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม

ตารางที่ ข-3 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		*(R/n)*
1	1	1	0	1	1	4	0.80
2	0	1	1	1	1	4	0.80
3	1	0	0	1	1	3	0.60
4	1	1	1	1	1	5	1.00
5	1	0	1	1	1	4	0.80
6	1	1	1	0	1	4	0.80
7	1	1	0	1	1	4	1.00
8	1	1	1	1	1	5	1.00
9	1	1	1	1	1	5	1.00
10	0	1	1	1	1	4	0.80
11	1	1	1	1	1	5	1.00
12	1	1	1	1	1	5	1.00
13	0	1	1	1	1	4	0.80
14	1	1	1	1	1	5	1.00
15	1	1	1	1	0	4	0.80

จากตารางได้ข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม กับจุดประสงค์ตั้งแต่ 0.60 ถึง 1.00

การวิเคราะห์ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบของแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์

ตารางที่ ข-4 ค่าดัชนีความสอดคล้องระหว่างข้อสอบของแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	IOC
	คนที่ 1	คนที่ 2	คนที่ 3	คนที่ 4	คนที่ 5		*(R/n)*
1	1	0	1	0	1	3	0.60
2	1	1	1	1	1	5	1.00
3	1	0	1	1	1	4	0.80
4	1	1	1	1	1	5	1.00
5	1	0	1	1	1	4	0.80
6	1	1	1	0	1	4	0.80
7	1	1	1	1	1	5	1.00
8	1	0	1	1	1	4	0.80
9	1	1	1	1	1	5	1.00
10	1	1	1	1	1	5	1.00
11	1	1	1	1	1	5	1.00
12	1	1	1	1	1	5	1.00
13	1	1	1	0	1	4	0.80
14	1	1	1	1	1	5	1.00
15	1	1	1	1	1	5	1.00
16	1	1	1	1	1	5	1.00
17	1	1	1	1	1	5	1.00
18	1	1	1	1	1	5	1.00
19	1	0	1	1	1	4	0.80
20	1	1	1	1	1	5	1.00

ตารางที่ ข-4 (ต่อ)

ข้อที่	คะแนนความคิดเห็นของผู้เชี่ยวชาญ					*R*	IOC
	คนที่ 1	**คนที่ 2**	**คนที่ 3**	**คนที่ 4**	**คนที่ 5**		***(R/n)***
21	1	1	1	1	1	5	1.00
22	1	1	1	1	1	5	1.00
23	1	1	1	1	1	5	1.00
24	1	1	1	1	1	5	1.00
25	1	1	1	1	1	5	1.00
26	1	1	1	0	1	4	0.80
27	1	1	1	1	1	5	1.00
28	1	1	1	1	1	5	1.00
29	1	1	1	1	1	5	1.00
30	1	0	1	1	1	4	0.80

จากตารางได้ข้อสอบที่มีค่าดัชนีความสอดคล้อง (IOC) ระหว่างแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม กับจุดประสงค์ระหว่าง 0.60 ถึง 1.00

การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (*P*) ค่าอำนาจจำแนก (*r*) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม จำนวน 15 ข้อ

ตารางที่ ข-5 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม จำนวน 15 ข้อ

ข้อที่	**ค่า *P***	**ค่า *r***
1	0.47	0.28
2	0.57	0.24
3	0.54	0.21
4	0.50	0.21
5	0.43	0.21
6	0.21	0.25
7	0.29	0.21
8	0.49	0.26
9	0.56	0.22
10	0.33	0.25
11	0.33	0.25
12	0.69	0.20
13	0.46	0.21
14	0.33	0.21
15	0.65	0.23

หมายเหตุ ข้อสอบที่เลือกไปใช้จำนวน 15 ข้อ จะต้องมีลักษณะดังต่อไปนี้

ค่า *P* มีค่าอยู่ตั้งแต่ 0.21 ถึง 0.69

ค่า *r* มีค่าอยู่ตั้งแต่ 0.20 ถึง 0.28

ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ 0.91

การวิเคราะห์ค่าความยากง่าย (*P*) ค่าอำนาจำแนก (*r*) และค่าความเชื่อมั่นของแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ

ตารางที่ ข-6 ผลการวิเคราะห์ค่าความยากง่ายและค่าอำนาจจำแนกของแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ

ข้อที่	ค่า *P*	ค่า *r*	ข้อที่	ค่า *P*	ค่า *r*
1	0.63	0.25	16	0.46	0.25
2	0.58	0.33	17	0.63	0.25
3	0.63	0.25	18	0.54	0.25
4	0.58	0.33	19	0.54	0.25
5	0.54	0.25	20	0.46	0.25
6	0.63	0.25	21	0.58	0.33
7	0.50	0.33	22	0.58	0.33
8	0.46	0.25	23	0.54	0.25
9	0.54	0.25	24	0.54	0.25
10	0.63	0.27	25	0.54	0.25
11	0.71	0.42	26	0.63	0.25
12	0.54	0.42	27	0.50	0.50
13	0.71	0.25	28	0.63	0.25
14	0.63	0.42	29	0.50	0.50
15	0.54	0.25	30	0.42	0.33

หมายเหตุ ข้อสอบที่เลือกไปใช้จำนวน 30 ข้อ จะต้องมีลักษณะดังต่อไปนี้

ค่า *P* มีค่าตั้งแต่ 0.42 ถึง 0.63

ค่า *r* มีค่าตั้งแต่ 0.25 ถึง 0.50

ค่าความเชื่อมั่นทั้งฉบับ 0.69

คะแนนแบบทดสอบท้ายบทเรียน ของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 หลังได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์

ตารางที่ ข- 7 คะแนนแบบทดสอบท้ายบทเรียนของนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1

คนที่	แผนที่ 1	แผนที่ 2	แผนที่ 3	แผนที่ 4	แผนที่ 5	แผนที่ 6	แผนที่ 7
1	7.00	6.00	8.00	7.00	7.00	8.00	8.00
2	7.00	6.00	7.00	7.00	8.00	7.00	7.00
3	7.00	6.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
4	8.00	7.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
5	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	10.00
6	8.00	7.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
7	9.00	7.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
8	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
9	7.00	9.00	7.00	7.00	7.00	8.00	8.00
10	7.00	6.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
11	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
12	7.00	9.00	7.00	7.00	7.00	7.00	7.00
13	7.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	7.00
14	7.00	7.00	7.00	7.00	8.00	7.00	8.00
15	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
16	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
17	9.00	10.00	9.00	9.00	9.00	9.00	10.00
18	7.00	8.00	7.00	7.00	7.00	8.00	7.00
19	9.00	10.00	9.00	9.00	9.00	9.00	9.00
20	8.00	7.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
21	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
22	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00	8.00
เฉลี่ย	7.86	7.82	7.95	7.91	8.00	8.05	8.09

จากตารางที่ ข-7 พบว่า นักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6/1 ที่ได้รับการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ มีคะแนนเฉลี่ยของแบบฝึกหัดท้ายบทมากที่สุดในแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 7 รองลงมาคือ แผนจัดการเรียนรู้ที่ 6 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 5 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 4 แผนการจัดการเรียนรู้ที่ 2 และแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1 โดยมีคะแนนเฉลี่ย คือ 8.09, 8.05, 8.00, 7.91, 7.95, 7.82 และ 7.86 ตามลำดับ

ภาคผนวก ค

เครื่องมือที่ใช้ในการวิจัย

1. แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์

1.1 แผนการจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ เรื่อง แบบจำลองอะตอมของโบร์

2. แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 15 ข้อ

3. แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์ จำนวน 30 ข้อ

แผนการจัดการเรียนรู้

รายวิชา ว30204 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและฟิสิกส์ยุคใหม่ จำนวน 2.0 หน่วยกิต เวลาเรียน 2 คาบ
ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558 ครูผู้สอน นางสาวศศิวิมล สนิทบุญ
เรื่อง แบบจำลองอะตอมของโบร์

มาตรฐานการเรียนรู้

มาตรฐาน ว 3.1 เข้าใจสมบัติของสาร ความสัมพันธ์ระหว่างสมบัติของสารกับโครงสร้างและแรงยึดเหนี่ยวระหว่างอนุภาค มีกระบวนการสืบเสาะ หาความรู้และจิตวิทยาศาสตร์ สื่อสารสิ่งที่เรียนรู้ นำความรู้ไปใช้ประโยชน์

มาตรฐาน ว 8.1 ใช้กระบวนการทางวิทยาศาสตร์และจิตวิทยาศาสตร์ในการสืบเสาะหาความรู้ การแก้ปัญหา รู้ว่าปรากฏการณ์ทางธรรมชาติที่เกิดขึ้นส่วนใหญ่มีรูปแบบที่แน่นอน สามารถอธิบายและตรวจสอบได้ ภายใต้ข้อมูลและเครื่องมือที่มีอยู่ในช่วงเวลานั้น ๆ เข้าใจว่าวิทยาศาสตร์ เทคโนโลยี สังคม และสิ่งแวดล้อมมีความเกี่ยวข้องสัมพันธ์กัน

ผลการเรียนรู้

อธิบายแบบจำลองอะตอมไฮโดรเจนตามทฤษฎีอะตอมของโบร์ และความไม่สมบูรณ์ของทฤษฎีอะตอมของโบร์ และประยุกต์ใช้ทฤษฎีอะตอมของโบร์ในการแก้ปัญหาที่เกี่ยวข้องได้

สาระสำคัญ

นีล โบร์ (Niel Borh) ได้สร้างแบบจำลองอะตอม โดยใช้แนวคิดเกี่ยวกับการแผ่รังสีเป็นควอนตัมของพลังค์ และทฤษฎีโฟตอนของไอน์สไตน์มาตั้งเป็นสมมติฐาน ด้วยการนำแบบจำลองอะตอมของรัทเธอร์ฟอร์ดมาแก้ไข โดยการศึกษาสเปกตรัมการเปล่งแสงของธาตุ ซึ่งพบว่าอิเล็กตรอนจะอยู่กันเป็นชั้น ๆ แต่ละชั้นเรียกว่าระดับพลังงาน อิเล็กตรอนที่อยู่ใกล้นิวเคลียสจะเสถียรมากเพราะมีประจุบวกจากนิวเคลียสดึงดูด การเปลี่ยนระดับลังงานของอิเล็กตรอน ไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนในระดับถัดไปและ สามารถเปลี่ยนข้ามระดับพลังงานได้ ดังนั้น โบร์ จึงได้ตั้งสมมตฐานดังนี้

1. อิเล็กตรอนที่วิ่งรอบนิวเคลียสจะวิ่งเป็นวง และมีวงโคจรพิเศษบางวงที่วิ่งได้โดยไม่มีการสูญพลังงาน ในวงโคจรพิเศษนั้น อิเล็กตรอนจะมีโมเมนตัมเชิงมุมเป็นจำนวนเท่าของ $\hbar$

2. ถ้าอิเล็กตรอนเปลี่ยนจากวงโคจรที่มีพลังงาน E_i ไปยังวงโคจรที่มีพลังงาน E_f ซึ่งมีพลังงานต่ำกว่า จะแผ่รังสีออกมาเป็นโฟตอนหนึ่งตัว โดยความถี่ของพลังงานที่ปลดปล่อยออกมาจะสัมพันธ์กับความแตกต่างของระดับพลังงานทั้งสอง E=nhf

จุดประสงค์การเรียนรู้

ด้านความรู้ (K)

1. สืบค้นข้อมูล อภิปราย และอธิบายแบบจำลองอะตอมของโบร์ได้
2. อภิปราย และอธิบายความไม่สมบูรณ์ของแบบจำลองอะตอมของโบร์ได้

ด้านทักษะ (P)

1. นักเรียนมีทักษะในการคำนวณหารัศมีและพลังงานในวงโคจรของอิเล็กตรอนในอะตอมของไฮโดรเจนและพลังงานของอะตอมในระดับต่าง ๆ ได้

ด้านคุณลักษณะ/ คุณลักษณะอันพึงประสงค์ (A)

1. นักเรียนมีส่วนร่วมและกระตือรือร้นในการทำกิจกรรม
2. นักเรียนทำงานร่วมกับผู้อื่นอย่างสร้างสรรค์

สาระการเรียนรู้

1. แบบจำลองอะตอมของโบร์

สมรรถนะสำคัญของผู้เรียน

1. ความสามารถในการสื่อสาร
2. ความสามารถในการคิด
3. ความสามารถในการแก้ปัญหา
4. ความสามารถในการเรียนรู้ด้วยตนเอง
5. ความสามารถในการทำงานเป็นทีม

คุณลักษณะอันพึงประสงค์ของผู้เรียน

1. มีวินัยและมีความซื่อสัตย์สุจริต
2. มุ่งมั่นในการทำงานและดำรงชีวิตอยู่อย่างพอเพียง
3. ใฝ่เรียน ใฝ่รู้ รักการอ่านและการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง
4. มีจิตใจเปิดกว้าง เชื่อในเหตุผล เปลี่ยนแปลงความคิดเห็นของตนเองได้ตามข้อมูลและหลักฐานใหม่ที่ได้รับ

การจัดการเรียนการสอน โดยใช้การจัดการเรียนรู้แบบสืบเสาะหาความรู้ร่วม 5 ขั้น (5E) ร่วมกับการใช้คำถามเชิงวิเคราะห์ ประกอบด้วย

ขั้นตอนการเรียนรู้	**กิจกรรมการเรียนการสอน**	**สื่อประกอบ**	**เวลา (นาที)**
ขั้นนำเข้าสู่บทเรียน	1. ครูใช้คำถามกระตุ้นความสนใจ - แบบจำลองอะตอมคืออะไร (คำถามวิเคราะห์ความสำคัญ) (แนวคำตอบ: ปืนภาพทางความคิดที่แสดงให้เห็นรายละเอียดของโครงสร้างอะตอมที่สอดคล้องกับผลการทดลองที่นักวิทยาศาสตร์ใช้อธิบายปรากฏการณ์ ของอะตอมได้) - มีนักวิทยาศาสตร์ที่ศึกษาด้านนี้เป็นใครบ้าง (แนวคำตอบ : ดาลตัน ทอมสัน รัทเทอร์ฟอร์ท) - แบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ดเป็นอย่างไรและมีข้อบกพร่องอย่างไร (คำถามวิเคราะห์หลักการและวิเคราะห์ความสัมพันธ์) (แนวคำตอบ: รัทเทอร์ฟอร์ดได้สร้างแบบจำลองอะตอมว่ามีอิเล็กตรอนโคจรอยู่รอบนิวเคลียส แต่ไม่สามารถอธิบายได้ว่าเหตุใดอิเล็กตรอนจึงโคจรรอบนิวเคลียสอยู่ได้โดยไม่มีการสูญเสียพลังงาน) 2. ครูกล่าวว่าจากข้อบกพร่องของแบบจำลองอะตอมตั้งแต่ดาลตัน ทอมสัน และรัทเทอร์ฟอร์ดทำให้มีนักวิทยาศาสตร์ได้ทำการศึกษาต่อว่าเพราะเหตุใดอิเล็กตรอนจึงโคจรรอบ ๆ นิวเคลียสได้โดยไม่สูญเสียพลังงาน ซึ่งนักวิทยาศาสตร์ท่านนั้นคือ นีลส์ โบร์	- ข้อคำถาม	10
ขั้นสำรวจและค้นหา	1. ครูแบ่งกลุ่มนักเรียนออกเป็น 6 กลุ่ม ให้นักเรียนศึกษา สำรวจ ตรวจสอบข้อมูลในเรื่องแบบจำลองอะตอมไฮโดรเจนตามทฤษฎีอะตอมของโบร์ และความไม่สมบูรณ์ของทฤษฎีอะตอม	- เอกสารประกอบการเรียน เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม	30

	ของโบร์ จากเอกสารประกอบการเรียนวิชาคลื่นแม่เหล็ก ไฟฟ้าและฟิสิกส์ยุคใหม่ หน้า 12-21 และอินเตอร์เน็ตในโรงเรียน 2. นักเรียนร่วมกันอภิปรายภายในกลุ่มเกี่ยวกับเนื้อหาและข้อมูลที่จะนำเสนอหน้าชั้นเรียน	-อินเตอร์เน็ต	
ขั้นอธิบายและลงข้อสรุป	1. นักเรียนนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน ให้เวลาในการนำเสนอ กลุ่มละ 5-7 นาที 2. นักเรียนและครูร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการทำกิจกรรม จาก Power point เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม จนได้ข้อสรุปร่วมกันว่า 2.1 จากสมมติฐานของพลังค์และแบบจำลองอะตอมของรัทเทอร์ฟอร์ด ทำให้โบร์ตั้งสมมติฐาน 2 ข้อ เพื่อแก้ปัญหาที่ว่า ทำไมอิเล็กตรอนที่วิ่งวนรอบนิวเคลียสด้วยความเร่ง จึงไม่แผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและเข้าไปรวมกับนิวเคลียส 2.2 ในสภาพปกติอิเล็กตรอนในอะตอมจะอยู่ที่ระดับพลังงานต่ำสุด เรียกว่า “สถานะพื้น” ในสถานะนี้ อิเล็กตรอนจะถูกนิวเคลียสยึดไว้ด้วยพลังงานมากที่สุด ดังนั้นเมื่อต้องการทำให้อิเล็กตรอนหลุดจากอะตอม จึงต้องใช้พลังงานมากที่สุด อะตอมที่มีพลังงานมากกว่าพลังงานในสถานะพื้น เรียกว่า “สถานะกระตุ้น” 2.3 ถ้าพลังงานรวมของอิเล็กตรอนมากขึ้นวงโคจรจะใหญ่ขึ้นและอิเล็กตรอนจะหลุดออกจากวงโคจรได้ง่าย นั่นคือ เสถียรภาพของอะตอมจะน้อยลง โดยทั่วไปอะตอมอยู่ในสภาพปกติ เมื่อให้พลังงานกับอะตอม อะตอมจะอยู่ในสภาพไม่คงตัว จึงพยายามกลับมาอยู่ในสภาวะปกติดังเดิม โดยปล่อยพลังงานออกมาในรูปคลื่น	- ชิ้นงานของนักเรียน - power point เรื่อง แบบจำลองอะตอมของโบร์	20

	แม่เหล็กไฟฟ้า		
ขั้นขยายความรู้	1. ครูยกตัวอย่างการคำนวณหารัศมีและพลังงานในวงโคจรของอิเล็กตรอนในอะตอมของไฮโดรเจนและพลังงานของอะตอมในระดับต่างๆ โดยใช้โจทย์ปัญหา อะตอมไฮโดรเจนในสถานะที่มีเลขควอนตัมหลักสูง สามารถสร้างขึ้นได้ในห้องปฏิบัติการหรืออาจพบได้ในอวกาศซึ่งถูกเรียกว่า อะตอมริดเบิร์ก จงหา 1. เลขควอนตัมหลักของรัศมีวงโคจรของโบร์ของอะตอมไฮโดรเจนซึ่งมีรัศมี 0.01 cm. (คำถามวิเคราะห์หลักการ) **วิธีทำ** จากโจทย์ $r_n=1.00\times10^{-5}$ m. และจากความสัมพันธ์ $n=\sqrt{\frac{r_n}{r_1}}$ แทนค่าจะได้ $n=\sqrt{\frac{1.00\times10^{-5}\text{ m.}}{5.28\times10^{-11}\text{ m.}}}=4$ **ตอบ** ดังนั้น เลขควอนตัมหลักของรัศมีวงโคจรของอะตอมไฮโดรเจนของบอร์ คือ 4 2. พลังงานของอะตอมไฮโดรเจนในสถานะนี้มีค่าเท่าใด วิธีทำ จากความสัมพันธ์ $E=\frac{E_1}{n^2}$ แทนค่าจะได้ $E=\frac{-13.6\text{ eV.}}{(4)^2}=0.85$ eV. **ตอบ** ดังนั้น พลังงานของอะตอมไฮโดรเจนในสถานะนี้มีค่า 0.85 eV. 2. ครูตั้งคำถามกับนักเรียนว่ามีนักวิทยาศาสตร์หรือการทดลองใดที่สนับสนุนทฤษฎีอะตอมของโบร์ (คำถามวิเคราะห์หลักการ) (แนวคำตอบ: คือฟรังซ์และเฮิร์ต (ซึ่งนักเรียนจะได้เรียนเป็นเรื่องต่อไป))	- ข้อคำถาม - โจทย์ปัญหาที่เกี่ยวข้องกับการคำนวณเรื่องแบบจำลองอะตอมของโบร์	20

ขั้นประเมินผล	1. นักเรียนร่วมกันสรุปความรู้ที่ได้จากการเรียน โดยครูสุ่มถามรายบุคคลเกี่ยวกับเนื้อหาที่สำคัญ เช่น - แบบจำลองอะตอมของโบร์มีลักษณะเป็นเช่นไร (แนวคำตอบ: อิเล็กตรอนนจะอยู่เป็นชั้น ๆ แต่ละชั้นเรียกว่าระดับพลังงาน อิเล็กตรอนที่อยู่ในระดับพลังงานวงในอยู่ใกล้นิวเคลียส จะเสถียรมากเพราะประจุบวกจากนิวเคลียสดึงดูดกัน การเปลี่ยนระดับพลังงานไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนไปอยู่ในระดับถัดไป สามารถเปลี่ยนข้ามระดับได้) - อิเล็กตรอนวิ่งวนรอบนิวเคลียสได้อย่างไม่จำกัด โดยไม่มีการแผ่พลังงานออกมาและไม่มีการสูญเสียพลังงาน เมื่อใด (แนวคำตอบ: เมื่อไม่มีการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้า) 2. นักเรียนทำแบบฝึกหัดท้ายบทเรียน เรื่อง แบบจำลองอะตอมของโบร์ 3 ให้นักเรียนเขียนบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง แบบจำลองอะตอมของโบร์	- ข้อคำถาม เรื่อง แบบจำลองอะตอมของโบร์ - แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน - แบบบันทึกการเรียนรู้	20
รวม			100

การวัดผลและประเมินผล

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การวัด
ด้านความรู้ (K) 1. อธิบายแบบจำลองอะตอมไฮโดรเจนตามทฤษฎีอะตอมของโบร์ได้	- การตอบคำถามของนักเรียนในห้องเรียน - ประเมินการนำเสนอผลงาน	- ข้อคำถาม - แบบประเมินการนำเสนอผลงานหน้าชั้นเรียน	- นักเรียนร้อยละ 80 ตอบคำถามได้อย่างถูกต้อง - นักเรียนได้คะแนนจากการนำเสนองานหน้าชั้นเรียนไม่น้อย

สิ่งที่ต้องการวัด	วิธีวัด	เครื่องมือวัด	เกณฑ์การวัด
2. อธิบายความไม่สมบูรณ์ของแบบจำลองอะตอมของโบร์ได้	- ตรวจแบบฝึกหัดท้ายบท เรื่อง แบบจำลองอะตอมของโบร์	- แบบฝึกหัดท้ายบท เรื่อง แบบจำลองอะตอมของโบร์	กว่าร้อยละ 80 - นักเรียนร้อยละ 80 ทำแบบฝึกหัดได้ถูกต้อง
ด้านทักษะ(P) 1. มีทักษะในการคำนวณหารัศมีและพลังงานในวงโคจรของอิเล็กตรอนในอะตอมของไฮโดรเจนและพลังงานของอะตอมในระดับต่างๆ ได้	- ตรวจแบบฝึกหัดท้ายบท เรื่อง แบบจำลองอะตอมของโบร์	- แบบฝึกหัดท้ายบท เรื่อง แบบจำลองอะตอมของโบร์	- นักเรียนร้อยละ 80 ทำแบบฝึกหัดท้ายบทได้ถูกต้อง ตั้งแต่ 70 % ขึ้นไปจะจึงจะผ่าน
ด้านคุณลักษณะ/คุณลักษณะอันพึงประสงค์(A) 1. มีจิตใจเปิดกว้าง เชื่อในเหตุผล เปลี่ยนแปลงความคิดเห็นของตนเองได้ตามข้อมูลและหลักฐานใหม่ที่ได้รับ 2. ใฝ่เรียน ใฝ่รู้ รักการอ่านและการค้นคว้าหาความรู้ด้วยตนเอง	สังเกตการทำกิจกรรมในชั้นเรียน	แบบสังเกตพฤติกรรมระหว่างเรียน	นักเรียนได้ระดับคุณภาพจากแบบสังเกตพฤติกรรมระหว่างเรียนโดยรวมไม่ต่ำกว่า 3

สื่อและวัสดุอุปกรณ์

1. แบบบันทึกการเรียนรู้ เรื่อง แบบจำลองอะตอมของโบร์
2. แบบฝึกหัดท้ายบทเรียน เรื่อง แบบจำลองอะตอมของโบร์
3. เอกสารประกอบการเรียนวิชา คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและฟิสิกส์ยุคใหม่ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม
4. Power point เรื่อง แบบจำลองอะตอมของโบร์

บันทึกหลังการสอน

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

ลง

ชื่อ ....

(นางสาวศศิวิมล สนิทบุญ) ครูผู้สอน

แบบสังเกตการนำเสนองานหน้าชั้นเรียน กลุ่มที่ ....

ผู้ถูกประเมิน

1. ………………………………………………………… เลขที่.......
2. ……………………………………………………........ เลขที่.......
3. ………………………………………………………… เลขที่........
4. ……………….………………………….…………......... เลขที่........

รายการประเมิน	ระดับความคิดเห็น				
	5	4	3	2	1
1. การนำเสนอข้อมูลมีความน่าสนใจ					
2. มีการใช้สื่อประกอบการนำเสนอข้อมูล					
3. ใช้เวลาในการนำเสนอข้อมูลตามเวลาที่กำหนด					
4. ข้อมูลที่นำเสนอมีความสอดคล้องกับหัวเรื่อง					
5. ผู้นำเสนอข้อมูลสามารถถ่ายทอดให้ผู้ฟังเข้าใจได้					
6. สมาชิกทุกคนในห้องมีส่วนร่วมในกิจกรรม					
7. ผู้นำเสนอข้อมูลสามารถตอบคำถามของครูและสมาชิกในห้องได้					
8. สมาชิกในกลุ่มมีส่วนร่วมในการนำเสนอ					
9. ความเหมาะสมของบทบาทการนำเสนอ					
10. บุคลิกภาพ ความคล่องแคล่วของการนำเสนอ					
รวม					
รวมทั้งหมด					
คิดเป็นร้อยละ					

เกณฑ์การให้คะแนนระดับความคิดเห็น

5 หมายถึง สามารถทำกิจกรรมในข้อนั้น ๆ ได้อยู่ในระดับดีมาก

4 หมายถึง สามารถทำกิจกรรมในข้อนั้น ๆ ได้อยู่ในระดับดี

3 หมายถึง สามารถทำกิจกรรมนั้น ๆ ได้อยู่ในระดับปานกลาง

2 หมายถึง สามารถทำกิจกรรมนั้น ๆ ได้อยู่ในระดับพอใช้

1 หมายถึง สามารถทำกิจกรรมนั้น ๆ ได้อยู่ในระดับควรปรับปรุง

เกณฑ์การให้คะแนน

ระดับ 42 – 50 ได้ 5 คะแนน

ระดับ 34 – 42 ได้ 4 คะแนน

ระดับ 27 - 34 ได้ 3 คะแนน

ระดับ 19 – 26 ได้ 2 คะแนน

ระดับ 10 – 18 ได้ 1 คะแนน

ต้องได้ร้อยละ 80 หรือ 40 คะแนนขึ้นไปถือว่าผ่าน

แบบสังเกตพฤติกรรมระหว่างเรียน

(สำหรับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1)

เลขที่	ชื่อ-สกุล	รายการประเมิน					คุณภาพโดยรวม (เฉลี่ย)
		ความสนใจ	การตอบคำถาม	การทำกิจกรรมระหว่างเรียน	การใช้ความรู้/ ทักษะ/ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ	การแสดงซึ่งความมีน้ำใจ	
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							

แบบสังเกตพฤติกรรมระหว่างเรียน

(สำหรับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1) (ต่อ)

เลขที่	ชื่อ-สกุล	รายการประเมิน					คุณภาพโดยรวม (เฉลี่ย)
		ความสนใจ	การตอบคำถาม	การทำกิจกรรมระหว่างเรียน	การใช้ความรู้/ ทักษะ/ กระบวนการทางวิทยาศาสตร์ ในการแก้ปัญหาต่าง ๆ	การแสดงซึ่งความมีน้ำใจ	
19							
20							
21							
22							

เกณฑ์การประเมินแบบสังเกตการทำกิจกรรมในชั้นเรียน
(สำหรับแผนการจัดการเรียนรู้ที่ 1)

เรื่องที่ประเมิน	**ระดับคุณภาพ**
1. ใฝ่รู้ ใฝ่เรียน	
มีความกระตือรือร้น สนใจที่จะศึกษาเนื้อหา โดยทำกิจกรรมทันที	4
มีความกระตือรือร้น สนใจที่จะศึกษาเนื้อหาโดยทำกิจกรรมทันทีเมื่อครูบอกให้เริ่ม	3
มีความกระตือรือร้น สนใจที่จะศึกษาเนื้อหา โดยทำกิจกรรมเมื่อเห็นเพื่อนเริ่มทำ	2
ขาดความกระตือรือร้นและความสนใจ ครูต้องคอยกระตุ้น	1
2. รักการอ่าน	
ศึกษาเนื้อหาด้วยความตั้งใจ จนเสร็จสิ้น	4
ศึกษาเนื้อหาด้วยความตั้งใจ มีการคุยกับเพื่อน 1-2 ครั้ง	3
ศึกษาเนื้อหาด้วยความตั้งใจ มีการคุยกับเพื่อน มากกว่า 2 ครั้ง	2
ขาดความตั้งใจในการอ่าน ครูต้องคอยกระตุ้น	1
3. ค้นคว้าความรู้ด้วยตนเอง	
ค้นคว้าความรู้ด้วยตนเอง ตั้งแต่เริ่มทำกิจกรรม จนเสร็จสิ้น	4
ค้นคว้าความรู้ด้วยตนเอง แต่มีการถามเพื่อนหรือครู 1-2 ครั้ง	3
ค้นคว้าความรู้ด้วยตนเอง แต่มีการถามเพื่อนหรือครู 2-5 ครั้ง	2
ไม่สามารถค้นคว้าด้วยตนเองได้ ต้องให้เพื่อนหรือครูคอยบอกทุกขั้นตอน	1
4. มีวินัย	
นักเรียนมีวินัยในการทำกิจกรรม ระดับมาก	4
นักเรียนมีวินัยในการทำกิจกรรม ระดับพอใช้	3
นักเรียนมีวินัยในการทำกิจกรรม ระดับน้อย	2
นักเรียนมีวินัยในการทำกิจกรรม ระดับปรับปรุง	1
5. ซื่อสัตย์สุจริต	
นักเรียนทำใบงานด้วยตนเอง โดยไม่ดูเฉลยและไม่ถามเพื่อน	4
นักเรียนทำใบงานด้วยตนเอง โดยไม่ดูเฉลย แต่ถามเพื่อนบางข้อ	3
นักเรียนทำใบงานด้วยตนเอง โดยไม่ดูเฉลย แต่แอบดูคำตอบเพื่อนบางข้อ	2
นักเรียนแอบดูคำตอบจากเฉลย	1

แบบฝึกหัดท้ายบท เรื่อง แบบจำลองอะตอมของโบร์

ชื่อ..ชั้น...........เลขที่................

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้

1. จงอธิบายแบบจำลองอะตอมของโบร์พร้อมทั้งวาดภาพประกอบ

....

....

....

....

....

2. จงอธิบายความไม่สมบูรณ์ของแบบจำลองอะตอมของโบร์

....

....

....

....

3. ตามสมมติฐานของโบร์ อะตอมของไฮโดรเจนจะปล่อยพลังงานเมื่อใด

....

4. ตามทฤษฎีอะตอมของโบร์ อิเล็กตรอนวิ่งวนรอบนิวเคลียสอยู่ได้อย่างไม่จำกัดโดยไม่มีการแผ่รังสีหรือพลังงานออกมา และไม่มีการสูญเสียพลังงาน เมื่อใด

....

5. ถ้าอิเล็กตรอนในสถานะพื้นเปลี่ยนไปยังวงโคจรที่สูง ขึ้นจงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. ระดับพลังงานรวมของอะตอมสูงขึ้น

ข. พลังงานศักย์ของอิเล็กตรอนลดลง

ค. โมเมนตัมเชิงมุมของอิเล็กตรอนมีค่ามากขึ้น

ง. พลังงานจลน์เพิ่มขึ้นเพราะแรงดึงดูดจากโปรตอนลดลง

เพราะ ....

....

....

6. จงเติมการคำนวณพลังงานแต่ละระดับพลังงานต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

สถานะกระตุ้น	รัศมีอะตอม (°A)	พลังงาน (eV.)	พลังงาน (J.)
n = 1 ______			
n = 2 ______			
n = 3 ______			
n = 4 ______			
n = 5 ______			
n = 6 ______			
.			
.			
n = n ใด ๆ			

7. จงหารัศมีอะตอมของอิเล็กตรอนของอะตอมไฮโดรเจนในวงที่ 2 ในหน่วยอังสตรอม กำหนดให้มวลของอิเล็กตรอน เท่ากับ 9.1×10^{-31} kg.

....

....

....

....

....

8. เมื่ออิเล็กตรอนในอะตอมของไฮโดรเจนมีการเปลี่ยนชั้นพลังงานจากชั้นที่ 5 ไปอยู่ที่ระดับพลังงานที่ 2 จงหาว่า จะมีการปลดปล่อยพลังงานออกมาเท่าใด

....

....

....

9. อะตอมของไฮโดรเจนมีสถานะพื้น -13.6 eV. ได้รับพลังงานจากโฟตอน 12.2 eV. อิเล็กตรอนจะขึ้นไปอยู่ที่ระดับพลังงานสถานะกระตุ้นที่เท่าใด

....

....

....

10 อะตอมของไฮโดรเจนอะตอมหนึ่ง อยู่ในสถานะที่มีพลังงานยึดเหนี่ยว 0.85 eV. ถ้าอะตอมนี้เปลี่ยนไปอยู่ในสถานะที่มีระดับพลังงานสูงกว่าสถานะพื้นฐาน 10.2 eV. จงหา

ก. การเปลี่ยนแปลงไปดังกล่าวนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานคู่ใด

ข. พลังงานของโฟตอนที่ส่งออกมา

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

....

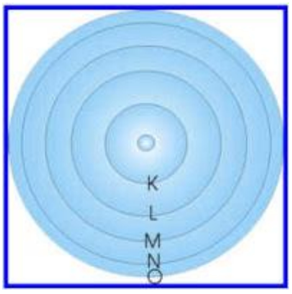
....

....

....

เฉลยแบบฝึกหัดท้ายบท เรื่อง แบบจำลองอะตอมของโบร์

คำสั่ง จงตอบคำถามต่อไปนี้



1. จงอธิบายแบบจำลองอะตอมของโบร์พร้อมทั้งวาดภาพประกอบ

1. อิเลคตรอนจะอยู่กันเป็นชั้น ๆ แต่ละชั้นเรียกว่า “ระดับพลังงาน”

2. อิเลคตรอนที่อยู่ในระดับพลังงานวงนอกสุดเรียกว่า เวเลนซ์อิเลคตรอน (Valent electron) จะเป็นอิเลคตรอนที่เกิดปฏิกิริยาต่าง ๆ ได้

3. อิเลคตรอนที่อยู่ในระดับพลังงานวงในอยู่ใกล้นิวเคลียส จะเสถียรมาก เพราะประจุบวกจากนิวเคลียสดึงดูดไว้อย่างดี ส่วนอิเลคตรอนระดับพลังงานวงนอก จะไม่เสถียร เพราะนิวเคลียสส่งแรงไปดึงดูดได้น้อยมาก อิเลคตรอนพวกนี้จึงมีพลังงานสูงหลุดออกจากอะตอมได้ง่าย

4. ระดับการพลังงานวงในจะอยู่ห่างกันมาก ส่วนระดับพลังงานวงนอกจะอยู่ชิดกันมาก

5. การเปลี่ยนระดับพลังงานของอิเลคตรอน ไม่จำเป็นต้องเปลี่ยนในระดับถัดกัน อาจเปลี่ยน ข้ามระดับพลังงานกันก็ได้

2. จงอธิบายความไม่สมบูรณ์ของแบบจำลองอะตอมของโบร์

1. ไม่สามารถอธิบายสเปกตรัมของอะตอมที่มีอิเล็กตรอนหลายตัวได้ (โบร์อธิบายได้เฉพาะอิเล็กตรอนที่มี 1 ตัว)

2. ไม่สามารถอธิบายการเกิดสเปกตรัมย่อยๆเมื่ออะตอมอยู่ในบริเวณที่มีสนามแม่เหล็กได้

3. ตามสมมติฐานของโบร์ อะตอมของไฮโดรเจนจะปล่อยพลังงานเมื่อใด

ตอบ เมื่ออิเล็กตรอนได้รับพลังงาน และมีการเปลี่ยนระดับชั้นพลังงานให้ต่ำกว่าเดิม

4. ตามทฤษฎีอะตอมของโบร์ อิเล็กตรอนวิ่งวนรอบนิวเคลียสอยู่ได้อย่างไม่จำกัดโดยไม่มีการแผ่รังสีหรือพลังงานออกมา และไม่มีการสูญเสียพลังงาน เมื่อใด

ตอบ เพราะอิเล็กตรอนโคจรในระดับพลังงานของอะตอมบางวง ซึ่งวงในสุดจะเสถียร

5. ถ้าอิเล็กตรอนในสถานะพื้นเปลี่ยนไปยังวงโคจรที่สูง ขึ้นจงพิจารณาข้อความต่อไปนี้ข้อใดกล่าวถูกต้อง

ก. ระดับพลังงานรวมของอะตอมสูงขึ้น

ข. พลังงานศักย์ของอิเล็กตรอนลดลง

ค. โมเมนตัมเชิงมุมของอิเล็กตรอนมีค่ามากขึ้น

ง. พลังงานจลน์เพิ่มขึ้นเพราะแรงดึงดูดจากโปรตอนลดลง

ตอบ ข้อที่ถูกต้อง คือ ค. เพราะจากความสัมพันธ์ $L = n\hbar$ ซึ่งมาจากสมมติฐานของโบร์ที่ใช้อธิบายว่า อะตอมจะมีวงโคจรที่พิเศษ โดยไม่มีการสูญเสียพลังงานในวงโคจรหนึ่ง ถ้าอิเล็กตรอนเปลี่ยนวงโคจรไปอยู่ในระดับที่สูงขึ้น (n)จะทำให้มีค่าโมเมนตัมเชิงมุม (L) มากขึ้นด้วย

6. จงเติมการคำนวณพลังงานแต่ละระดับพลังงานต่อไปนี้ให้สมบูรณ์

สถานะกระตุ้น	รัศมีอะตอม (°A)	พลังงาน (eV.)	พลังงาน (J.)
n = 1 ______	0.529	-13.6	$-8.05x10^{19}$
n = 2 ______	2.09	-3.4	$-2.13x10^{19}$
n = 3 ______	4.71	-1.51	$-9.44x10^{18}$
n = 4 ______	8.37	-0.85	$-5.31x10^{18}$
n = 5 ______	13.08	-0.544	$-3.40x10^{18}$
n = 6 ______	18.82	-0.378	$-2.42x10^{18}$
.			
.			
n = n ใด ๆ	$r_n=n^2a_0$ เมื่อ $a_0=0.529x10^{-10}$	$E_n=-\frac{13.6\text{ eV.}}{(n^2)}$	$1\text{ eV.} = 1.6x10^{-19}$

7.จงหารัศมีอะตอมของอิเล็กตรอนของอะตอมไฮโดรเจนในวงที่ 2 ในหน่วยอังสตรอม กำหนดให้มวลของอิเล็กตรอน เท่ากับ $9.1x10^{-31}$ kg.

วิธีทำ จากความสัมพันธ์ $r_n=\frac{n^2\hbar^2}{mke^2}$

จะได้ $r_n=\frac{4^2x\,(6.625x10^{-34})^2}{(4x3.14x3.14)(9.1x10^{-31})(9x10^9)(1.67x10^{-19})^2}$

$=0.0212x10^{-10}$ m.

$= 2.12\ A^0$

8. เมื่ออิเล็กตรอนในอะตอมของไฮโดรเจนมีการเปลี่ยนชั้นพลังงานจากชั้นที่ 5 ไปอยู่ที่ระดับพลังงานที่ 2 จงหาว่า จะมีการปลดปล่อยพลังงานออกมาเท่าใด

วิธีทำ และจากความสัมพันธ์ $E_n= -\frac{13.6\text{ eV.}}{(n^2)}$

แทนค่า $E_5= -\frac{13.6\text{ eV.}}{(5^2)}$ = - 0.544

$E_2= -\frac{13.6\text{ eV.}}{(2^2)}$ = -3.4

ดังนั้น อิเล็กตรอนจะปลดปล่อยพลังงานออกมา 2.856 eV

9. อะตอมของไฮโดรเจนมีสถานะพื้น -13.6 eV. ได้รับพลังงานจากโฟตอนจนมีพลังงานเป็น 12.2 eV. อิเล็กตรอนจะขึ้นไปอยู่ที่ระดับพลังงานสถานะกระตุ้นที่เท่าใด

วิธีทำ จากโจทย์จะได้ n=13.6 eV. และ E_n=12.2 eV.

และจากความสัมพันธ์ $E_n = -\frac{13.6\ eV.}{(n^2)}$

ดังนั้น $n^2 = -\frac{13.6\ eV.}{E_n}$

จะได้ $n = \sqrt{-\frac{13.6\ eV.}{E_n}}$

แทนค่าจะได้ $n = \sqrt{\frac{-13.6\ eV.}{-12.2\ eV.}} = 1.06$

ตอบ เมื่ออิเล็กตรอนได้รับโฟตอนจะเปลี่ยนระดับพลังงานไปอยู่ชั้นที่ 1

10. อะตอมของไฮโดรเจนอะตอมหนึ่ง อยู่ในสถานะที่มีพลังงานยึดเหนี่ยว 0.85 eV. ถ้าอะตอมนี้เปลี่ยนไปอยู่ในสถานะที่มีระดับพลังงานสูงกว่าสถานะพื้นฐาน 10.2 eV. จงหา

ก. การเปลี่ยนแปลงไปดังกล่าวนี้เป็นการเปลี่ยนแปลงระดับพลังงานคู่ใด

ข. พลังงานของโฟตอนที่ส่งออกมา

วิธีทำ ก. จากความสัมพันธ์ $E_n = \frac{-13.6\ eV.}{(n^2)}$

ดังนั้น $n^2 = \frac{-13.6\ eV.}{E_n}$

จะได้ $n^2 = \frac{-13.6\ eV.}{-0.85} = 16$ ดังนั้น n = 4

เนื่องจากอิเล็กตรอนมีการเปลี่ยนสถานะจากระดับพลังงานขั้นที่ 1 ไประดับที่สูงกว่า จะได้

$$10.2 - 13.6 = -3.4\ eV.$$

จะได้ $E_n = \frac{-13.6\ eV.}{(n^2)}$ ดังนั้น $n^2 = \frac{-13.6\ eV.}{E_n}$

จะได้ $n^2 = \frac{-13.6\ eV.}{-3.4} = 4$ ดังนั้น n = 2

ดังนั้น การเปลี่ยนแปลงดังกล่าวเป็นการเปลี่ยนแปลงระหว่างระดับพลังงานที่ 4 กับ 2

ข. พลังงานของโฟตอนที่ปล่อยออกมา

จะได้ $\Delta E = E_4 - E_2 = -0.85 - (-3.4) = 2.55\ eV$

ตอบ พลังงานของโฟตอนที่ปล่อยออกมา มีค่า 2.55 อิเล็กตรอนโวลต์

บันทึกการเรียนรู้

1. จากการเรียนเรื่อง แบบจำลองอะตอมของโบร์ นักเรียนได้ความรู้มากน้อยเพียงใด โดยสรุปเป็นความคิดรวบยอดได้ดังนี้

....

....

....

....

....

2. นักเรียนมีความรู้สึกชอบ/ไม่ชอบอะไร เพราะเหตุใด

....

....

.3. นักเรียนอยากให้มีการปรับปรุง แก้ไขอะไรในการสอนของวันนี้

....

....

4. ใบหน้าของนักเรียนหลังจากที่ได้เรียนในวันนี้

ชื่อ – สกุล .... ชั้น .... เลขที่ ....

แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

รายวิชา ว30204 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและฟิสิกส์ยุคใหม่ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม

ชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558

....

คำชี้แจงในการทำข้อสอบ

1. แบบทดสอบฉบับนี้วัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์ในหน่วยการเรียนรู้ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม
2. ลักษณะของแบบทดสอบเป็นแบบเลือกตอบ 2 ชั้น จำนวน 15 ข้อ เวลา 90 นาที โดยให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย x ลงในกระดาษคำถาม พร้อมให้เหตุผลประกอบลงในช่องว่าง

<u>ตัวอย่าง</u> ถ้าเลือกข้อ ก. ✖

ข.

ค.

ง.

*<u>**หมายเหตุ**</u>: ถ้านักเรียนเลือกตัวเลือกผิด จะไม่ตรวจให้คะแนนในส่วนของการเขียนคำอธิบาย

<u>เหตุผล</u>

....

....

3. การเขียนตอบข้อสอบฉบับนี้ให้ใช้ปากกา สีน้ำเงินหรือดำ กรณีที่ต้องวาดภาพควรใช้ดินสอ
4. อนุญาตให้นักเรียนสามารถขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใดๆลงในแบบทดสอบได้
5. อนุญาตให้นักเรียนใช้เครื่องคำนวณในการทำแบบทดสอบนี้
6. ห้ามนำแบบทดสอบออกจากห้องสอบ และห้ามทำการคัดลอกข้อสอบโดยเด็ดขาด

ชื่อ – สกุล .... ชั้น .... เลขที่ ....

แบบทดสอบวัดมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์

รายวิชา ว30204 คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและฟิสิกส์ยุคใหม่ เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม

1. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง

ก. วัตถุดำเป็นวัตถุในอุดมคติ เพราะมีอัตราการแผ่คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าเท่ากับอัตราการดูดกลืนคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าในทุกๆความยาวคลื่น

ข. อุณหภูมิและชนิดของพื้นผิวของวัตถุมีผลต่อการแผ่รังสีของวัตถุ

ค. สมการที่วีนและจีนส์ ใช้อธิบายการแผ่รังสีของวัตถุดำสามารถอธิบายได้ดีในช่วงความยาวคลื่นสูง ๆ

ง. พลังค์ได้เสนอสมมติฐานเกี่ยวกับแบบจำลองอะตอมว่าพลังงานภายในอะตอมมีค่าไม่ต่อเนื่อง

ตอบ .... **เหตุผล เพราะ** ....

....

....

....

....

2. ร่างกายของมนุษย์มีอุณหภูมิประมาณ 35°C ความเข้มของรังสีความร้อนที่แผ่ออกมาจากผิวหนังจะมีค่าสูงสุดที่ความยาวคลื่นเท่าใด

ก. $9.41\text{x}10^{-6}$ m.	ข. $28.57\text{x}10^{-6}$ m.
ค. $9.41\text{x}10^{-3}$ m.	ง. $28.57\text{x}10^{-3}$ m.

ตอบ .... **เหตุผล เพราะ** ....

....

....

....

....

3. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้อง

ก. โบร์สรุปได้ว่า อะตอมของไฮโดรเจนมีพลังงานหลายระดับ

ข. แบบจำลองอะตอมของโบร์อธิบายอะตอมที่มีอิเล็กตรอนหลายตัวได้

ค. ระดับพลังงานของอิเล็กตรอนที่อยู่ใกล้นิวเคลียสที่สุดจะมีพลังงานต่ำสุด

ง. การเปลี่ยนระดับพลังงานสามารถเปลี่ยนข้ามระดับได้

ตอบ .... **เหตุผล เพราะ** ....

....

....

....

4. เมื่ออะตอมของไฮโดรเจนมีรัศมี 0.0002 nm.จงหาเลขควอนตัมของวงโคจรของโบร์

ก. 6.15×10^2 ข. -6.15×10^2 ค. 3.78×10^5 ง. -3.78×10^5

ตอบ .... **เหตุผล เพราะ** ....

....

....

....

....

5. ข้อใดสามารถสรุปผลการทดลองของฟรังซ์และเฮิรตซ์ได้ถูกต้อง

ก. นิวเคลียสประกอบด้วยโปรตอนและนิวตรอน

ข. อะตอมมีพลังงานเป็นชั้นๆ

ค. อะตอมมีนิวเคลียสเป็นแกนกลาง

ง. อิเล็กตรอนมีคุณสมบัติแบบคลื่น

ตอบ .... **เหตุผล เพราะ** ....

....

....

....

....

6. ข้อความใดต่อไปนี้ถูกต้องที่สุด

ก. รังสีเอกซ์เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีความถี่สูงมากและมีการแผ่รังสีออกมาเป็นสเปกตรัมต่อเนื่อง

ข. รังสีเอกซ์เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีสเปกตรัมต่อเนื่องซึ่งมีค่าความถี่สูงสุดขึ้นกับชนิดของโลหะที่ใช้ทำเป้าและยังมีสเปกตรัมเส้นด้วย

ค. รังสีเอกซ์เป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าที่มีสเปกตรัมเส้นเกิดจากการปล่อยพลังงานของอิเล็กตรอนของอะตอม เมื่ออิเล็กตรอนเปลี่ยนวงโคจรที่มีระดับพลังงานต่ำไปสู่โคจรที่มีระดับพลังงานสูงและยังมีสเปกตรัมต่อเนื่องด้วย

ง. ไม่มีข้อใดถูก

<u>ตอบ</u> .... **เหตุผล เพราะ** ....

....

....

....

....

....

7. เมื่อส่งรังสีเอกซ์ความยาวคลื่น 0.154 nm. ไปยังระนาบผลึกซิลิคอน ถ้าเพิ่มมุมตกกระทบจากศูนย์เป็นตำแหน่งการแทรกสอดสูงสุดแรกจากระนาบเหล่านี้ เมื่อลำรังสีทำมุม 34.5° กับระนาบ จงหาว่าระยะห่างระหว่างระนาบเป็นเท่าใด

ก. 0.136 pm. ข. 0.566 pm ค. 0.136 nm ง. 0.566 nm

<u>ตอบ</u> .... **เหตุผล เพราะ** ....

....

....

....

....

....

8. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับรังสีเอ็กซ์

ก. รังสีเอ็กซ์สามารถใช้ในการตรวจหารอยร้าวต่าง ๆ ภายในชิ้นส่วนของโลหะขนาดใหญ่ได้

ข. รังสีเอ็กซ์ช่วยในการยับยั้งการเติบโตของเนื้องอกบางชนิดได้

ค. รังสีเอ็กซ์สามารถใช้ฆ่าเชื้อโรคในผักและผลไม้ได้

ง. รังสีเอ็กซ์สามารถใช้ในการตรวจหาสิ่งผิดปกติภายในร่างกายคนป่วยได้

<u>ตอบ</u> .... **เหตุผล เพราะ** ....

....

....

....

....

....

9. ปรากฏการณ์ใดที่แสดงให้เห็นว่าแสงประพฤติตัวเป็นอนุภาคได้

ก.สเปกตรัมของไฮโดรเจนอะตอม ข. ปรากฏการณ์คอมป์ตัน

ค. ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ง. การทดลองของฟรังซ์และเฮิรตซ์

ตอบ .... **เหตุผล เพราะ** ....

....

....

....

....

10. จากการทดลองเพื่อศึกษาปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ข้อใดต่อไปนี้สรุปถูกต้อง

A. แสงมีคุณสมบัติเป็นคลื่น เมื่อแสงมีความเข้มสูงก็จะมีพลังงานมาก ทำให้โฟโตอิเล็กตรอนมีพลังงานมากด้วย

B. แสงที่มีความถี่สูงกว่าความถี่ขีดเริ่ม จำนวนโฟโตอิเล็กตรอนจะเพิ่มมากขึ้นเป็นปฏิภาคกับความถี่

C. เมื่อแสงตกกระทบที่ผิวโลหะที่มีความถี่สูงกว่าความถี่ขีดเริ่มจะเกิดโฟโตอิเล็กตรอน

D. พลังงานสูงสุดของอิเล็กตรอนขึ้นอยู่กับความเข้มของแสงเท่านั้น

ก. ข้อ A และ C ข. ข้อ B และข้อ D ค. ข้อ A เท่านั้น ง. ข้อ C เท่านั้น

ตอบ .... **เหตุผล เพราะ** ....

....

....

....

11. จงหาความต่างศักย์ที่ต้องใช้ในการหยุดโฟโตอิเล็กตรอนในการทดลอง เรื่องปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก ซึ่งใช้แสงที่มีความถี่ 6.0×10^{15} Hz ตกกระทบที่ผิวโลหะและมีค่าฟังก์ชันงานเท่ากับ 3.4 อิเล็กตรอนโวลต์

ก. 11.35 โวลต์ ข. 16.57 โวลต์ ค. 21.6 โวลต์ ง. 23.5 โวลต์

ตอบ .... **เหตุผล เพราะ** ....

....

....

12. เมื่อความเร็วของอิเล็กตรอนเพิ่มขึ้นเป็น 3 เท่า ความยาวคลื่นของเดอบรอยล์ จะมีค่าเป็นกี่เท่าของเดิม

ก. เท่าเดิม ข. 0.25 เท่า ค. 0.33 เท่า ง. 2 เท่า

<u>ตอบ</u> .... **เหตุผล เพราะ** ....

....

....

....

....

13. โฟตอนพลังงาน 10.39 eV. เกิดการกระเจิงแบบคอมป์ตัน โดยลำของโฟตอนที่กระเจิงออกไปทำมุม 45^{o} เทียบกับลำของโฟตอนที่ตกกระทบ จงหาค่าของพลังงานของโฟตอนที่กระเจิงออกไป

ก. 10.33 KeV. ข. 12.63 KeV. ค. 14.69 KeV. ง. 16.87 KeV.

<u>ตอบ</u> .... **เหตุผล เพราะ** ....

....

....

....

....

14. รถยนต์คันหนึ่งมีมวล 1,000 กิโลกรัม วิ่งด้วยความเร็ว 72 กิโลเมตรต่อชั่วโมง ถ้าคิดว่ารถยนต์คันนี้เป็นคลื่นจะมีความยาวคลื่นเดอบรอยล์เท่าใด (กำหนดค่านิจของพลังค์เท่ากับ 6.6 x 10-34 จูล-วินาที)

ก. $0.92\text{x}10^{-38}$ m. ข. $3.3\text{x}10^{-38}$ m. ค. $0.33\text{x}10^{38}$ m. ง. $1.1\text{x}10^{38}$ m.

<u>ตอบ</u> .... **เหตุผล เพราะ** ....

....

....

....

....

....

....

15. นิวเคลียสรัศมีอะตอมประมาณ 10^{-14} เมตร ถ้ามีอิเล็กตรอนอยู่ในนิวเคลียสค่าความไม่แน่นอนในการวัดโมเมนตัมของอิเล็กตรอนมีค่าเท่าใด

ก. $1.05 \times 10^{-14}\ kg \cdot \frac{m}{s}$ ข. $1.05 \times 10^{-16}\ kg \cdot \frac{m}{s}$

ค. $1.05 \times 10^{-18}\ kg \cdot \frac{m}{s}$ ง. $1.05 \times 10^{-20}\ kg \cdot \frac{m}{s}$

<u>ตอบ</u> .... **เหตุผล เพราะ** ....

....

....

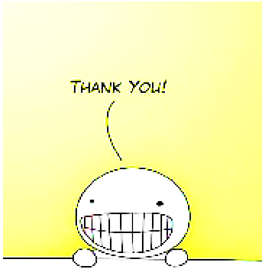
....

....

....

....

~~ ไม่มีความสำเร็จใดที่ได้มาโดยไม่พยายาม ~~



เฉลยแบบทดสอบวัดมโนทัศน์
รายวิชา คลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าและฟิสิกส์ยุคใหม่ว30204
เรื่อง ฟิสิกส์อะตอม

ข้อ 1. ตอบ ข้อ ค. เหตุผล เพราะ เป็นเท็จ วีนและจีนส์ ได้สร้างสมการเพื่ออธิบายการแผ่รังสีของวัตถุดำ คือ สมการ $\lambda_{max}T=2.898x10^{-3}$ ซึ่งเรียกว่ากฎการกระจัดของวีน ผลปรากฏว่าสมการนี้สามารถอธิบายการแผ่รังสีของวัตถุได้ดีเฉพาะในช่วงความยาวคลื่นต่ำ ๆ ไม่ใช่ช่วงความยาวคลื่นสูง ๆ ซึ่งข้ออื่น ๆ นั้นเป็นข้อความจริง

ระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	**เกณฑ์ที่ใช้พิจารณาจัดประเภทมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์**
มโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (3 คะแนน)	- คำตอบถูก - อธิบายผลการทดลองของวีนส์และจีนส์ได้ - ระบุสมการที่วีนส์และจีนส์ใช้อธิบายการแผ่รังสีของวัตถุดำได้ - ยกตัวอย่างเนื้อหาที่ถูกต้องของแต่ละตัวเลือกได้ถูกต้อง
มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ (2 คะแนน)	- คำตอบถูก - อธิบายผลการทดลองของวีนส์และจีนส์ได้ - ระบุสมการที่วีนส์และจีนส์ใช้อธิบายการแผ่รังสีของวัตถุดำได้ - ยกตัวอย่างเนื้อหาที่ถูกต้องของแต่ละตัวเลือกได้อย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งอาจมีบางส่วนไม่สมบูรณ์ แต่ไม่มีส่วนผิด
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (1 คะแนน)	- คำตอบถูก - ไม่สามารถอธิบายได้ว่าวีนและจีนส์สร้างทฤษฎีอะไร - ไม่สามารถระบุสมการที่วีนและจีนส์ใช้ประกอบการอธิบายการแผ่รังสีของวัตถุดำหรือยกตัวอย่างข้อความที่ถูกต้องได้
ความเข้าใจผิด (0 คะแนน)	- คำตอบผิด หรือ ไม่อธิบายเหตุผล

ข้อ 2. ตอบ ข้อ ค. เหตุผล เพราะ ใช้กฎของกฎของสเตฟานโบลต์ซมานน์ ซึ่งความเข้มรวม ก็คือ - พลังงานทั้งหมดต่อหน่วยพื้นที่ จาก $\lambda_{max}T = 2.898x10^{-3}$ จากนั้น แปลงอุณหภูมิในหน่วยองศาเซลเซียสให้เป็นเคลวิน จาก $T[K] = T[°C]+273$

จะได้ $T[K] = 35+273=308$ K

ความยาวคลื่นที่ให้ค่าความเข้มสูงสุด $\lambda_{max}= \frac{2.898x10^{-3}}{T}$

แทนค่า จะได้ $\lambda_{max}= \frac{2.898x10^{-3}}{308} = 9.41x10^{-6}$ m=9.41 μm

ดังนั้น ความยาวคลื่นสูงสุดคือ 9.41 μm

ระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	เกณฑ์ที่ใช้พิจารณาจัดประเภทมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
มโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (3 คะแนน)	- คำตอบถูก - ระบุสมการที่ใช้คำนวณพร้อมทั้งบอกชื่อของสมการที่ใช้ได้ - แสดงขั้นตอนในการคำนวณได้อย่างละเอียดถูกต้อง -ระบุหน่วยของคำตอบได้ถูกต้อง
มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ (2 คะแนน)	- คำตอบถูก - ระบุสมการที่ใช้คำนวณพร้อมทั้งบอกชื่อของสมการที่ใช้ได้ - แสดงขั้นตอนในการหาคำตอบได้อย่างไม่สมบูรณ์ แต่ไม่มีส่วนผิด -ระบุหน่วยของคำตอบได้ถูกต้อง
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (1 คะแนน)	- คำตอบถูก - ระบุสมการที่ใช้คำนวณได้แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าสมการที่ใช้เป็นสมการของใคร - ไม่แสดงวิธีทำ -ไม่ระบุหน่วยของคำตอบไ
ความเข้าใจผิด (0 คะแนน)	- คำตอบผิด หรือ ไม่อธิบายเหตุผล

ข้อ 3. ตอบ ข้อ ข. เหตุผล เพราะ โบร์ได้สร้างแบบจำลองเฉพาะไฮโดรเจนอะตอมเท่านั้น แบบจำลองอะตอมของโบร์จึงอธิบายได้เฉพาะอะตอมไฮโดรเจนได้ดี ซึ่งอะตอมของไฮโดรเจนเป็นอะตอมที่มีอิเล็กตรอนเพียงตัวเดียวเท่านั้น แสดงว่า แบบจำลองอะตอมของโบร์ไม่สามารถอธิบายอะตอมทีมีอิเล็กตรอนหลายตัวได้

ระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	**เกณฑ์ที่ใช้พิจารณาจัดประเภทมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์**
มโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (3 คะแนน)	- คำตอบถูก - อธิบายลักษณะแบบจำลองอะตอมของโบร์ได้ถูกต้อง (อธิบายหรือวาดรูปก็ได้) - มีการกล่าวถึงการทดลองของโบร์ - ระบุข้อบกพร่องของแบบจำลองอะตอมของโบร์ได้อย่างถูกต้องพร้อมยกตัวอย่างประกอบได้อย่างสมบูรณ์
มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ (2 คะแนน)	- คำตอบถูก - อธิบายลักษณะแบบจำลองอะตอมของโบร์ได้ถูกต้อง (อธิบายหรือวาดรูปก็ได้) - มีการกล่าวถึงการทดลองของโบร์ - ระบุข้อบกพร่องของแบบจำลองอะตอมของโบร์พร้อมยกตัวอย่างประกอบ ได้อย่างถูกต้องแต่อาจมีบางส่วนไม่สมบูรณ์
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (1 คะแนน)	- คำตอบถูก - อธิบายลักษณะแบบจำลองอะตอมของโบร์ได้อย่างคร่าว ๆ (อธิบายหรือวาดรูปก็ได้) - ไม่ได้กล่าวถึงการทดลองของโบร์ - ระบุข้อบกพร่องของแบบจำลองอะตอมของโบร์ได้บางส่วน
ความเข้าใจผิด (0 คะแนน)	- คำตอบผิด หรือ ไม่อธิบายเหตุผล

ข้อ 4. ตอบ ข้อ ก. เพราะ จากโจทย์ $r_n=0.0002\times10^{-9}$ m. และ $a_0=5.29\times10^{-11}$ m. แล้ว n=?

วิธีทำ จากความสัมพันธ์ $r_n=n^2a_0$ (สมการการหารัศมีของวงโคจรของโบร์)

ดังนั้น $$n=\sqrt{\frac{r_n}{a_0}}$$

แทนค่า $$n=\sqrt{\frac{0.0002\times10^{-9}\ \text{m.}}{5.29\times10^{-11}\ \text{m.}}}$$

$$n = 614.88 \approx 615$$

ระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	เกณฑ์ที่ใช้พิจารณาจัดประเภทมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
มโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (3 คะแนน)	- คำตอบถูก - ระบุสมการที่ใช้คำนวณพร้อมทั้งบอกชื่อของสมการที่ใช้ได้ - แสดงขั้นตอนในการคำนวณได้อย่างละเอียดถูกต้อง
มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ (2 คะแนน)	- คำตอบถูก - ระบุสมการที่ใช้คำนวณพร้อมทั้งบอกชื่อของสมการที่ใช้ได้ - แสดงขั้นตอนในการหาคำตอบได้อย่างไม่สมบูรณ์ แต่ไม่มีส่วนผิด
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (1 คะแนน)	- คำตอบถูก - ระบุสมการที่ใช้คำนวณได้แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าสมการที่ใช้เป็นสมการของใคร - ไม่แสดงวิธีทำ
ความเข้าใจผิด (0 คะแนน)	- คำตอบผิด หรือ ไม่อธิบายเหตุผล

ข้อ 5. ตอบ ข้อ ข. เหตุผล เพราะ การทดลองของฟรังซ์และเฮิร์ตเป็นการทดลองที่สนับสนุนทฤษฎีอะตอมของโบร์ ที่โบร์ได้เสนอความคิดไว้ว่า ระดับของพลังงานจะมีค่าไม่ต่อเนื่องโดยจะแบ่งออกเป็นชั้น ๆ

ระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	เกณฑ์ที่ใช้พิจารณาจัดประเภทมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
มโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (3 คะแนน)	- คำตอบถูก -อธิบายการทดลองของฟรังซ์และเฮิร์ตได้อย่างละเอียด - มีการอธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อบกพร่องของแบบจำลองอะตอมของโบร์และผลการทดลองของฟรังซ์และเฮิร์ต
มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ (2 คะแนน)	- คำตอบถูก -อธิบายการทดลองของฟรังซ์และเฮิร์ตได้อย่างละเอียด - มีการอธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อบกพร่องของแบบจำลองอะตอมของโบร์และผลการทดลองของฟรังซ์และเฮิร์ตได้แต่อาจมีบางส่วนไม่สมบูรณ์ แต่ไม่มีส่วนผิด
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (1 คะแนน)	- คำตอบถูก -ไม่สามารถอธิบายการทดลองของฟรังซ์และเฮิร์ตได้ หรือไม่มีการอธิบายเชื่อมโยงความสัมพันธ์ของข้อบกพร่องของแบบจำลองอะตอมของโบร์และผลการทดลองของฟรังซ์และเฮิร์ต
ความเข้าใจผิด (0 คะแนน)	คำตอบผิด หรือ ไม่อธิบายเหตุผล

ข้อ 6. ตอบ ข้อ ค เหตุผลเพราะ รังสีเอกซ์จัดเป็นคลื่นแม่เหล็กไฟฟ้าชนิดหนึ่งมี 2 ชนิด คือ รังสีเอ็กซ์ต่อเนื่องและรังสีเอ็กซ์ชนิดเส้น (ไม่ต่อเนื่อง)

ระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	**เกณฑ์ที่ใช้พิจารณาจัดประเภทมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์**
มโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (3 คะแนน)	- คำตอบถูก -อธิบายการเกิดรังสีเอกซ์ได้ถูกต้อง - ระบุชนิดของรังสีเอกซ์ได้ - ระบุข้อแตกต่างของรังสีเอกซ์ได้อย่างครบถ้วน
มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ (2 คะแนน)	- คำตอบถูก -อธิบายการเกิดรังสีเอกซ์ได้ถูกต้อง - ระบุชนิดของรังสีเอกซ์ได้ - ระบุข้อแตกต่างของรังสีเอกซ์ได้อย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งอาจมีบางส่วนไม่สมบูรณ์ แต่ไม่มีส่วนผิด
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (1 คะแนน)	- คำตอบถูก - ระบุชนิดของรังสีเอกซ์ได้ - ระบุข้อแตกต่างของรังสีเอกซ์ได้อย่างใดอย่างหนึ่ง แต่ไม่สมบูรณ์
ความเข้าใจผิด (0 คะแนน)	คำตอบผิด หรือ ไม่อธิบายเหตุผล

ข้อ7. ตอบ ข้อ ค. เพราะ จากสมการของแบรกส์ $n\lambda = 2d\sin\theta$

ดังนั้น $$d = \frac{n\lambda}{2\sin\theta}$$

แทนค่าจะได้ $$d = \frac{(1)(0.154\text{x}10^{-9}\text{ m})}{2\sin(34.5^{o})} = 0.136 \text{ nm}$$

ระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	**เกณฑ์ที่ใช้พิจารณาจัดประเภทมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์**
มโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (3 คะแนน)	- คำตอบถูก - ระบุสมการที่ใช้คำนวณพร้อมทั้งบอกชื่อของสมการที่ใช้ได้ - แสดงขั้นตอนในการคำนวณได้อย่างละเอียดถูกต้อง -ระบุหน่วยของคำตอบได้ถูกต้อง
มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ (2 คะแนน)	- คำตอบถูก - ระบุสมการที่ใช้คำนวณพร้อมทั้งบอกชื่อของสมการที่ใช้ได้ - แสดงขั้นตอนในการหาคำตอบได้อย่างไม่สมบูรณ์ แต่ไม่มีส่วนผิด -ระบุหน่วยของคำตอบได้ถูกต้อง
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (1 คะแนน)	- คำตอบถูก - ระบุสมการที่ใช้คำนวณได้แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าสมการที่ใช้เป็นสมการของใคร - ไม่แสดงวิธีทำ -ไม่ระบุหน่วยของคำตอบไ
ความเข้าใจผิด (0 คะแนน)	- คำตอบผิด หรือ ไม่อธิบายเหตุผล

ข้อ 8. ตอบ ข้อ ข เหตุผล เพราะ รังสีเอกซ์ช่วยยับยั้งการเจริฐเติบโตของมะเร็งได้แต่ไม่สามารถยับยั้งการเจริญเติบโตของเนื้องอกได้

ระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	**เกณฑ์ที่ใช้พิจารณาจัดประเภทมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์**
มโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (3 คะแนน)	- คำตอบถูก - กล่าวถึงอำนาจทะลุทะลวงของรังสีเอกซ์ - จำแนกตัวอย่างประโยชน์ของรังสีเอกซ์เป็นด้านๆพร้อมยกตัวอย่างประกอบได้อย่างถูกต้อง
มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ (2 คะแนน)	- คำตอบถูก - กล่าวถึงอำนาจทะลุทะลวงของรังสีเอกซ์ -ยกตัวอย่างประโยชน์ของรังสีเอกซ์ในด้านต่างๆ เพิ่มเติมแต่อาจมีบางส่วนไม่สมบูรณ์ แต่ไม่มีส่วนผิด
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (1 คะแนน)	- คำตอบถูก -ไม่ได้กล่าวถึงอำนาจทะลุทะลวงของรังสีเอกซ์ - ยกตัวอย่างประโยชน์ของรังสีเอกซ์ในด้านต่างๆเพิ่มเติมและถูกต้อง
ความเข้าใจผิด (0 คะแนน)	- คำตอบผิด หรือ ไม่อธิบายเหตุผล

ข้อ 9. ตอบ ข้อ ข และ ค. เหตุผล เพราะข้อ ข . ปรากฏการณ์คอมป์ตัน และข้อ ค ปรากฏการณ์โฟโตอิเล็กทริก เป็นปรากฏการณ์ที่สนับสนุนว่าแสงแสดงสมบัติเป็นอนุภาค ส่วน ข้อ ก. สเปกตรัมของไฮโดรเจนอะตอมแสดงคุณสมบัติความเป็นคลื่นของแสง และ ข้อ ง การทดลองของฟรังซ์และเฮิรตซ์สนับสนุนว่าอะตอมของไอปรอทมีค่าพลังงานเป็นชั้น ๆ ไม่ต่อเนื่อง

ระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	เกณฑ์ที่ใช้พิจารณาจัดประเภทมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
มโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (3 คะแนน)	- คำตอบถูก - อธิบายได้คำจำกัดความของปราฏกฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกและปรากฏการณ์คอมป์ตันได้ถูกต้อง - อธิบายการทดลองที่สนับสนุนแนวคิดที่ระบุว่าปรากฏการณ์ดังกล่าวแสดงคุณสมบัติที่แสงประพฤติตัวเป็นอนุภาคได้อย่างละเอียด
มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ (2 คะแนน)	- คำตอบถูก - อธิบายได้คำจำกัดความของปราฏกฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกและปรากฏการณ์คอมป์ตันหรืออธิบายการทดลองที่สนับสนุนแนวคิดที่ระบุว่าปรากฏการณ์ดังกล่าวแสดงคุณสมบัติที่แสงประพฤติตัวเป็นอนุภาคได้ถูกต้องบางส่วน ซึ่งอาจมีบางส่วนไม่สมบูรณ์ แต่ไม่มีส่วนผิด
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (1 คะแนน)	- คำตอบถูก - ไม่อธิบายได้คำจำกัดความของปราฏกฏการณ์โฟโตอิเล็กทริกและปรากฏการณ์คอมป์ตันได้ถูกต้อง และอธิบายการทดลองที่สนับสนุนแนวคิดที่ระบุว่าปรากฏการณ์ดังกล่าวแสดงคุณสมบัติที่แสงประพฤติตัวเป็นอนุภาคได้ถูกต้องบางส่วน
ความเข้าใจผิด (0 คะแนน)	- คำตอบผิด หรือ ไม่อธิบายเหตุผล

ข้อ 10. ตอบ ข้อ ง เหตุผลคือ ข้อ ง C ถูก เพราะ โฟโตอิเล็กตรอนจะเกิดเมื่อแสงที่มากระทบมีความถี่มากกว่าความถี่ขีดเริ่ม ข้อ A ผิด เพราะ ความเข้มของแสงจะขึ้นอยู่กับความถี่แสง และจำนวนโฟตอนของแสง เมื่อเป็นแสงสีเดียวกัน การเพิ่มความเข้มจะหมายถึงการเพิ่มจำนวนโฟตอนของแสง ซึ่งจะทำให้จำนวนของอิเล็กตรอนมากขึ้น แต่ค่าพลังงานยังเท่าเดิม ข้อ B ผิด เพราะความถี่ของแสงเกี่ยวข้องกับพลังงานของโฟตอนของแสงและพลังงานของโฟโตอิเล็กตรอน ดังนั้นถ้าความถี่แสงเพิ่มขึ้นพลังงานของโฟโตอิเล็กตรอนจะมากขึ้นด้วย แต่จำนวนโฟโตอิเล็กตรอนไม่จำเป็นต้องมากขึ้น ข้อ D ผิด เพราะพลังงานสูงสุดของอิเล็กตรอนจะไม่ขึ้นกับความเข้มแสงแต่ขึ้นอยู่กับความถี่ของแสง

ระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	**เกณฑ์ที่ใช้พิจารณาจัดประเภทมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์**
มโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (3 คะแนน)	- คำตอบถูก - อธิบายการเกิดปรากฏการโฟโตอิเล็กทริกได้อย่างถูกต้อง - ระบุคำตอบที่ถูกต้องของแต่ละข้อได้อย่างชัดเจน
มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ (2 คะแนน)	- คำตอบถูก - อธิบายการเกิดปรากฏการโฟโตอิเล็กทริกได้อย่างถูกต้อง - ระบุคำตอบที่ถูกต้องของแต่ละข้อได้อ-หรือ ยกตัวอย่างเนื้อหาที่ถูกต้องของแต่ละตัวเลือกได้อย่างใดอย่างหนึ่ง ซึ่งอาจมีบางส่วนไม่สมบูรณ์ แต่ไม่มีส่วนผิด
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (1 คะแนน)	- คำตอบถูก - อธิบายการเกิดปรากฏการณ์โฟตอิเล็กทริกได้บางส่วน -ยกตัวอย่างข้อความที่ผิดและแก้เป็นคำตอบที่ถูกต้องได้บางข้อ
ความเข้าใจผิด (0 คะแนน)	- คำตอบผิด หรือ ไม่อธิบายเหตุผล

ข้อ 11. ตอบ ข้อ ค. เหตุผล เพราะ จาก $V_e = \frac{hf}{e} - w$

จะได้ $V_e = \frac{6.63 \times 10^{-34} \times 6.0 \times 10^{15}}{1.6 \times 10^{-19}} - 3.4 = 21.6$ V.

ระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	เกณฑ์ที่ใช้พิจารณาจัดประเภทมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
มโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (3 คะแนน)	- คำตอบถูก - ระบุสมการที่ใช้คำนวณพร้อมทั้งบอกชื่อของสมการที่ใช้ได้ - แสดงขั้นตอนในการคำนวณได้อย่างละเอียดถูกต้อง -ระบุหน่วยของคำตอบได้ถูกต้อง
มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ (2 คะแนน)	- คำตอบถูก - ระบุสมการที่ใช้คำนวณพร้อมทั้งบอกชื่อของสมการที่ใช้ได้ - แสดงขั้นตอนในการหาคำตอบได้อย่างไม่สมบูรณ์ แต่ไม่มีส่วนผิด -ระบุหน่วยของคำตอบได้ถูกต้อง
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (1 คะแนน)	- คำตอบถูก - ระบุสมการที่ใช้คำนวณได้แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าสมการที่ใช้เป็นสมการของใคร - ไม่แสดงวิธีทำ -ไม่ระบุหน่วยของคำตอบ
ความเข้าใจผิด (0 คะแนน)	- คำตอบผิด หรือ ไม่อธิบายเหตุผล

ข้อ 12. ตอบ ข้อ ค เหตุผล เพราะ จาก $\lambda = \frac{h}{p} = \frac{h}{mv}$

แทนค่า $\lambda = \frac{h}{m(3v)} = \frac{1h}{3mv}$

ดังนั้นความยาวคลื่นของเดอบรอยล์มีค่าเท่ากับ ของความยาวคลื่นเดิม 0.33

ระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	**เกณฑ์ที่ใช้พิจารณาจัดประเภทมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์**
มโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (3 คะแนน)	- คำตอบถูก - ระบุสมการที่ใช้คำนวณพร้อมทั้งบอกชื่อของสมการที่ใช้ได้ - แสดงขั้นตอนในการคำนวณได้อย่างละเอียดถูกต้อง -ระบุหน่วยของคำตอบได้ถูกต้อง
มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ (2 คะแนน)	- คำตอบถูก - ระบุสมการที่ใช้คำนวณพร้อมทั้งบอกชื่อของสมการที่ใช้ได้ - แสดงขั้นตอนในการหาคำตอบได้อย่างไม่สมบูรณ์ แต่ไม่มีส่วนผิด -ระบุหน่วยของคำตอบได้ถูกต้อง
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (1 คะแนน)	- คำตอบถูก - ระบุสมการที่ใช้คำนวณได้แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าสมการที่ใช้เป็นสมการของใคร - ไม่แสดงวิธีทำ -ไม่ระบุหน่วยของคำตอบ
ความเข้าใจผิด (0 คะแนน)	- คำตอบผิด หรือ ไม่อธิบายเหตุผล

ข้อ 13. ตอบ ข้อ ก เหตุผลเพราะ จากความสัมพันธ์ $\lambda_2 - \lambda_1 = \frac{h}{m_0 c}(1 - cos\emptyset)$

$$\lambda' = \frac{h}{m_0 c}(1 - cos\emptyset) + \lambda = \frac{h}{m_0 c}(1 - cos\emptyset) + \frac{hc}{E}$$

แทนค่าความสัมพันธ์จะได้

$$\lambda' = \frac{h}{m_0 c}(1 - cos\emptyset) + \frac{hc}{E}$$

$$\lambda' = 0.00243 \text{ nm.}\left(1\text{-}\cos 45^o\right) + \frac{1240 \text{ eV.nm}}{10.39\text{x}10^3 \text{eV}} = 0.1201 \text{ nm.}$$

และจากความสัมพันธ์ $E' = \frac{hc}{\lambda'} = \frac{1240\text{eV.nm}}{0.1201 \text{ nm}} = 10.33\text{x}10^3 \text{ eV}$

ดังนั้น พลังงานของโฟตอนที่กระเจิงออกไปมีค่า 10.33KeV

ระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	**เกณฑ์ที่ใช้พิจารณาจัดประเภทมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์**
มโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (3 คะแนน)	- คำตอบถูก - ระบุสมการที่ใช้คำนวณพร้อมทั้งบอกชื่อของสมการที่ใช้ได้ - แสดงขั้นตอนในการคำนวณได้อย่างละเอียดถูกต้อง -ระบุหน่วยของคำตอบได้ถูกต้อง
มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ (2 คะแนน)	- คำตอบถูก - ระบุสมการที่ใช้คำนวณพร้อมทั้งบอกชื่อของสมการที่ใช้ได้ - แสดงขั้นตอนในการหาคำตอบได้อย่างไม่สมบูรณ์ แต่ไม่มีส่วนผิด -ระบุหน่วยของคำตอบได้ถูกต้อง
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (1 คะแนน)	- คำตอบถูก - ระบุสมการที่ใช้คำนวณได้แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าสมการที่ใช้เป็นสมการของใคร - ไม่แสดงวิธีทำ -ไม่ระบุหน่วยของคำตอบ
ความเข้าใจผิด (0 คะแนน)	- คำตอบผิด หรือ ไม่อธิบายเหตุผล

ข้อ 14. ตอบ ข้อ ข เหตุผลเพราะ จากความสัมพันธ์

$$\lambda = \frac{h}{mv} = \frac{6.6\text{x}10^{-34}\ \text{m.}}{1000\text{x}\left(\frac{72\text{x}10^{3}\ \text{m}}{3600\text{s}}\right)} = 3.3\text{x}10^{-38}\ \text{m.}$$

ดังนั้น ถ้าคิดว่ารถยนต์คันนี้เป็นคลื่นจะมีความยาวคลื่นเดอบรอยล์ $3.3\text{x}10^{-38}$ m

ระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	เกณฑ์ที่ใช้พิจารณาจัดประเภทมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์
มโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (3 คะแนน)	- คำตอบถูก - ระบุสมการที่ใช้คำนวณพร้อมทั้งบอกชื่อของสมการที่ใช้ได้ - แสดงขั้นตอนในการคำนวณได้อย่างละเอียดถูกต้อง -ระบุหน่วยของคำตอบได้ถูกต้อง
มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ (2 คะแนน)	- คำตอบถูก - ระบุสมการที่ใช้คำนวณพร้อมทั้งบอกชื่อของสมการที่ใช้ได้ - แสดงขั้นตอนในการหาคำตอบได้อย่างไม่สมบูรณ์ แต่ไม่มีส่วนผิด -ระบุหน่วยของคำตอบได้ถูกต้อง
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (1 คะแนน)	- คำตอบถูก - ระบุสมการที่ใช้คำนวณได้แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าสมการที่ใช้เป็นสมการของใคร - ไม่แสดงวิธีทำ -ไม่ระบุหน่วยของคำตอบ
ความเข้าใจผิด (0 คะแนน)	- คำตอบผิด หรือ ไม่อธิบายเหตุผล

ข้อ 15. ตอบ ข้อ ง. เหตุผลเพราะ จากโจทย์ รัศมีอะตอมประมาณ 10^{-14} เมตร ก็คือค่า Δx

และจากความสัมพันธ์ของความไม่แน่นอนของโมเมนตัม $\Delta P = \frac{\bar{h}}{\Delta x} = \frac{6.63 \times 10^{-34}\ J \cdot \frac{s}{2\pi}}{10^{-14}\ m}$

$$\Delta P = 1.05 \times 10^{-20}\ kg \cdot \frac{m}{s}$$

ระดับมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์	**เกณฑ์ที่ใช้พิจารณาจัดประเภทมโนทัศน์ทางวิทยาศาสตร์**
มโนทัศน์ที่สมบูรณ์ (3 คะแนน)	- คำตอบถูก - ระบุสมการที่ใช้คำนวณพร้อมทั้งบอกชื่อของสมการที่ใช้ได้ - แสดงขั้นตอนในการคำนวณได้อย่างละเอียดถูกต้อง -ระบุหน่วยของคำตอบได้ถูกต้อง
มโนทัศน์ที่ไม่สมบูรณ์ (2 คะแนน)	- คำตอบถูก - ระบุสมการที่ใช้คำนวณพร้อมทั้งบอกชื่อของสมการที่ใช้ได้ - แสดงขั้นตอนในการหาคำตอบได้อย่างไม่สมบูรณ์ แต่ไม่มีส่วนผิด -ระบุหน่วยของคำตอบได้ถูกต้อง
มโนทัศน์ที่คลาดเคลื่อน (1 คะแนน)	- คำตอบถูก - ระบุสมการที่ใช้คำนวณได้แต่ไม่สามารถบอกได้ว่าสมการที่ใช้เป็นสมการของใคร - ไม่แสดงวิธีทำ -ไม่ระบุหน่วยของคำตอบ
ความเข้าใจผิด (0 คะแนน)	- คำตอบผิด หรือ ไม่อธิบายเหตุผล

แบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558

....

คำชี้แจงในการทำข้อสอบ

1. แบบทดสอบฉบับนี้เป็นแบบทดสอบชนิดปรนัย 4 ตัวเลือก จำนวน 30 ข้อ ใช้เวลา 60 นาที โดยให้นักเรียนเลือกคำตอบที่ถูกต้องที่สุดเพียงคำตอบเดียว แล้วทำเครื่องหมาย x ลงในกระดาษคำตอบ

<u>ตัวอย่าง</u>

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1		x		

ถ้าต้องการเปลี่ยนคำตอบให้ขีดทับข้อนั้นๆ แล้วเลือกข้อใหม่ เช่นเปลี่ยนจากข้อ ข เป็น ก

ข้อ	ก	ข	ค	ง
1	x	~~x~~		

2. อนุญาตให้นักเรียนสามารถขีดเขียนหรือทำเครื่องหมายใดๆลงในแบบทดสอบได้
3. ห้ามนำแบบทดสอบออกจากห้องสอบ และห้ามทำการคัดลอกข้อสอบโดยเด็ดขาด

ชื่อ – สกุล .... ชั้น .... เลขที่ ....

1. ผู้เชี่ยวชาญเตือนญี่ปุ่นอาจเจอแผ่นดินไหวครั้งใหญ่

สำนักข่าวเอเอฟพี รายงานว่า ผู้เชี่ยวชาญด้านแผ่นดินไหวของญี่ปุ่นออกมาเตือนเมื่อวันที่ 31 พฤษภาคม ให้ประเทศญี่ปุ่นเตรียมพร้อมรับมือกับเหตุแผ่นดินไหวครั้งใหญ่ที่อาจจะเกิดขึ้นได้ในอนาคต หลังมีสัญญาณเตือนจากแผ่นดินไหวบวกกับเหตุภูเขาไฟปะทุในช่วงที่ผ่านมา การให้ ความ คิดเห็นดังกล่าวมีขึ้นหลังเมื่อวันที่ 30 พฤษภาคม เกิดเหตุแผ่นดินไหวขนาด 7.8 ทำให้มีผู้ได้รับ บาดเจ็บ 12 ราย แต่ไม่มีรายงานความเสียหายหรือผู้เสียชีวิต นับเป็นเหตุแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ครั้งที่ 2 ที่เกิดขึ้นในช่วงสัปดาห์ที่ผ่านมาหลังเมื่อวันที่ 25 พฤษภาคมเกิดแผ่นดินไหวที่ความรุนแรงไม่มากในกรุงโตเกียว และเมื่อวันที่ 29 พฤษภาคม เกิดเหตุภูเขาไฟปะทุขึ้นทางตอนใต้ของญี่ปุ่นส่งผลให้ต้องอพยพประชาชนออกจากพื้นที่

นายโทชิยาสึ นางาโอะ หัวหน้าศูนย์วิจัยและพยากรณ์แผ่นดินไหว มหาวิทยาลัยโตไกระบุว่า ขณะนี้ญี่ปุ่นอยู่ในสถานะที่พร้อมจะเกิดแผ่นดินไหวได้ทุกเมื่อ พิจารณาจากที่ตั้งของประเทศญี่ปุ่นแล้วแรงสั่นสะเทือนที่เกิดขึ้นในช่วงที่ผ่านมาถือเป็นเรื่องที่ค่อนข้างปกติ เหมือนกับช่วงก่อนที่จะเกิดแผ่นดินไหวใหญ่เมื่อปี 2554 ฉะนั้นจะต้องตระหนักว่า ไม่ใช่เรื่องแปลกที่แผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่สามารถสร้างผลกระทบต่อสังคมอาจเกิดขึ้นเมื่อใดก็ได้ในอนาคต

ขณะที่ ศาสตราจารย์คาซุกิ โคเก็ตสึ แห่งสถาบันวิจัยแผ่นดินไหว มหาวิทยาลัยโตเกียว ระบุว่า แรงสั่นสะเทือนล่าสุดอาจไม่ใช่สัญญาณของเหตุแผ่นดินไหวใหญ่ในกรุงโตเกียว อย่างที่เคยเกิดขึ้นเมื่อปี 2466 แต่เหตุแผ่นดินไหวดังกล่าวก็เป็นโอกาสที่จะทำให้ญี่ปุ่นได้เตรียมความพร้อมรับมือกับแผ่นดินไหวขนาดใหญ่ที่อาจเกิดขึ้นได้

ที่มา : http://news.sanook.com/1804710/
เข้าถึงเมื่อ 13 กรกฎาคม 2558

1. ข้อใดคือใจความสำคัญของข่าวนี้

ก. ญี่ปุ่นพร้อมรับมือกับแผ่นดินไหวไม่ว่าจะเกิดขึ้นเมื่อใด

ข. ผู้เชี่ยวชาญของญี่ปุ่นต้องการเตือนให้ประชาชนระวังภัยจากแผ่นดินไหวที่อาจจะเกิดขึ้น

ค. แรงสั่นสะเทือนที่ตรวจพบไม่ใช่ลางที่จะเตือนว่าอาจเกิดแผ่นดินไหว

ง. ชาวญี่ปุ่นหวาดวิตกเนื่องจากมีคนออกมาเตือนว่าอาจเกิดแผ่นดินไหวครั้งรุนแรงที่สุดในรอบปี

2. การประกาศเตือนแผ่นดินไหวในญี่ปุ่นยึดหลักการใด

ก. เหตุการณ์ในอดีต

ข. สัญญาณเตือนภัยจากการสังเกตธรรมชาติ

ค. ความเชื่อของบุคคล

ง. การแจ้งเตือนด้วยเครื่องมือวัด

3. ข้อใดสัมพันธ์กับข่าวน้อยที่สุด

ก. ภูเขาไฟที่ประทุทางตอนใต้ของญี่ปุ่นทำให้รัฐบาลต้องอพยพประชาชนออกจากพื้นที่

ข. นักวิชาการเตือนภัยแผ่นดินไหว

ค. ศาสตราจารย์คาซุกิ โคเก็ตสึ กล่าวว่าญี่ปุ่นพร้อมรับมือแผ่นดินไหวทุกเมื่อ

ง. นายโทชิยาสึ นางาโอะ กล่าวว่า ไม่ใช่เรื่องแปลกที่ญี่ปุ่นจะเกิดแผ่นดินไหวรุนแรง

2. อังกฤษและไอร์แลนด์ระงับเที่ยวบินหลังเถ้าภูเขาไฟปิดน่านฟ้าอีกรอบ

เมื่อวันที่ 5 พ.ค. 2553 เวลา 19.13 น. ทีมข่าว Sanook.com ได้รายงานว่า อังกฤษและไอร์แลนด์ต้องระงับเที่ยวบินตลอดทั้งวันนี้ เนื่องจากเถ้าภูเขาไฟจากไอซ์แลนด์พัดมาปกคลุมน่านฟ้าอีกรอบ หลังทำให้การขนส่งทางอากาศโกลาหลไปทั่วยุโรปเมื่อเดือนที่แล้ว ก่อนหน้านี้ อังกฤษประกาศระงับเที่ยวบินจากสกอตแลนด์และไอร์แลนด์เหนือตั้งแต่เวลา 07.00 น.ตามเวลาท้องถิ่น หรือเวลา 13.00 น.ในไทยเป็นเวลา 12 ชั่วโมง โดยเตือนว่าระดับเถ้าภูเขาไฟที่เข้มข้นอาจเป็นอันตรายต่อเครื่องยนต์ เช่นเดียวกับทางการไอร์แลนด์ต้องระงับเที่ยวบินเป็นเวลาหลายชั่วโมงและปิดท่าอากาศยานตั้งแต่เวลา 13.00 น.ตามเวลาในไทย ขณะที่การเดินทางข้ามแอตแลนติกและเครื่องบินลำอื่นๆสามารถทำการบินได้ในระดับที่สูงขึ้นไป การบินพลเรือนอังกฤษ แถลงว่า ความเข้มข้นของเถ้าภูเขาไฟในชั้นบรรยากาศเหนือสกอตแลนด์และไอร์แลนด์เหนือเกินระดับมาตรฐานที่เครื่องยนต์ของเครื่องบินจะรองรับได้ ล่าสุดอังกฤษประกาศห้ามบินตลอดทั้งวันนี้แล้ว และคาดว่าจะยกเลิกได้ในวันพรุ่งนี้

ที่มา : http://news.sanook.com/928608/

เข้าถึง 13 กรกฎาคม 2558

4. จากบทความนี้ข้อใดเป็นข้อสรุปที่ชัดเจนมากที่สุด
ก. เถ้าภูเขาไฟเป็นอันตรายต่อเครื่องยนต์ของเครื่องบิน
ข. เถ้าภูเขาไฟปกคลุมท้องฟ้าในอังกฤษและไอร์แลนด์
ค. การเดินทางโดยเครื่องบินจากอังกฤษไปยังสถานที่ต่างๆติดขัด
ง. อังกฤษและไอร์แลนด์ต้องระงับเที่ยวบิน

5. การห้ามเครื่องบินบินเหนือบริเวณภูเขาไฟกำลังจะระเบิดเนื่องจากสาเหตุใด
ก. ความร้อนจากภูเขาไฟทำให้โลหะขยายตัวเครื่องบินอาจจะระเบิดได้
ข. ควันไฟร้อนทำให้อากาศขยายตัวและเกิดอากาศแปรปรวน
ค. เถ้าภูเขาไฟจะทำให้ความดันของเครื่องยนต์สูงขึ้น
ง. เถ้าภูเขาไฟทำปฏิกิริยากับสารเคลือบบนใบพัดของเครื่องบินทำให้อาจเกิดการไหม้ได้

6. ข้อใดมีความสอดคล้องเป็นเหตุเป็นผลกับเนื้อหาข้างต้นมากที่สุด
ก. เถ้าภูเขาไฟทำให้เกิดอันตรายต่อเครื่องยนต์
ข. เถ้าภูเขาไฟส่งทำให้การขนส่งด้วยเครื่องบินติดขัด
ค. เถ้าภูเขาไฟทำให้เกิดการระงับเที่ยวบินในอังกฤษและไอร์แลนด์
ง. เถ้าภูเขาไฟในชั้นบรรยากาศเกินระดับมาตรฐาน

3. ประวัติศาสตร์จารึก! ยานอวกาศนาซาบินผ่านดาว 'พลูโต' เป็นครั้งแรก

นาซาถ่ายทอดสดวินาทีประวัติศาสตร์ ที่ยานอวกาศ นิว ฮอร์ไรซันส์ เดินทางผ่านดาวเคราะห์แคระ พลูโต เป็นครั้งแรก เมื่อวันอังคารที่ 14 ก.ค. โดยยานอวกาศไร้คนขับขนาดเท่าเปียโนลำนี้ เดินทางผ่านดาวพลูโตในระยะที่ใกล้ที่สุดเมื่อวันอังคาร เวลาประมาณ 7:49 น. ตามมาตรฐานเขตกลางวันตะวันออก (EDT) หรือประมาณ 18:49 น. วันเดียวกันตามเวลาไทย โดยนาซาคาดว่าในเวลานั้นยาน นิว ฮอร์ไรซันส์ จะเคลื่อนตัวด้วยความเร็วเกือบ 31,000 ไมล์ต่อชั่วโมง (ราว 49,900 กิโลเมตรต่อชั่วโมง) และห่างจากดาวพลูโตประมาณ 7,750 ไมล์ (ราว 12,500 กิโลเมตร) คาดว่านาซาจะเปิดเผยภาพดาวพลูโตในระยะใกล้ที่สุดทางออนไลน์และสถานีโทรทัศน์ของนาซา ในวัน

พุธเวลาประมาณ 15:00 น.ตามมาตรฐานเขตกลางวันตะวันออก (EDT) หรือประมาณ 02:00 น. วันพฤหัสบดีที่ 16 ก.ค. ตามเวลาไทย เนื่องจากสัญญาณภาพใช้เวลาประมาณ 4 ชั่วโมง ในการเดินทางจากยาน นิว ฮอร์ไรซันส์มาถึงโลก และนาซาต้องใช้เวลาในการประมวลผลอีกระยะหนึ่ง อย่างไรก็ตาม ข้อมูลของดาวพลูโตที่ยาน นิว ฮอร์ไรซันส์ รวบรวมและส่งมาก่อนหน้านี้ ก็ได้ทำให้เกิดข้อถกเถียงในหมู่นักวิทยาศาสตร์แล้ว โดยพวกเขาพบว่า ดาวพลูโตมีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางประมาณ 1,473 ไมล์ (ราว 2,370 กิโลเมตร) ใหญ่กว่าที่เคยเชื่อในอดีต และหมายความว่า ดาวพลูโตใหญ่กว่าวัตถุนอกวงโคจรของดาวเนปจูน ทั้งหมดที่พบจนถึงตอนนี้

นอกจากนี้ ยาน นิว ฮอร์ไรซันส์ ยังส่งรูปภาพของ 'ชารอน' ดวงจันทร์มีขนาดใหญ่ที่สุดในทั้งหมด 5 ดวงของดาวพลูโตกลับมาด้วยทั้งนี้ การสำเร็จภารกิจซึ่งนาซาเรียกว่า การสำรวจระบบสุริยะจักรวาลดั้งเดิม ทำให้สหรัฐอเมริกากลายเป็นประเทศแรกที่ส่งยานอวกาศเคลื่อนตัวผ่านดาวเคราะห์ตั้งแต่ดาวพุธจนถึงดาวพลูโตได้ครบทุกดวง ทั้งยังเป็นการฉลองครบรอบ 50 ปี หลังจากยานมารีเนอร์ 4 เดินทางผ่านดาวอังคารเป็นครั้งแรกด้วย ภารกิจ นิว ฮอร์ไรซันส์ มีเป้าหมายเพื่อทำแผนที่พื้นผิวของดาวพลูโตและดวงจันทร์ชารอน รวมทั้งศึกษาชั้นบรรยากาศของดาวทั้ง 2 ดวงด้วย โดยนิว ฮอร์ไรซันส์ เดินทางจากโลกในวันที่ 19 ม.ค. 2006 เพียงไม่กี่เดือนก่อนที่ดาวพลูโตจะถูกลดชั้นจากดาวเคราะห์ในระบบสุริยะจักรวาล ให้เป็นแค่ดาวเคราะห์แคระ

ที่มา : http://www.thairath.co.th/content/511648
เข้าถึงเมื่อ วันที่ 16 กรกฎาคม พ.ศ. 2558

7. จากข่าวข้างต้นข้อใดกล่าวได้ถูกต้องมากที่สุด
ก. นาซาทำการสำรวจระบบสุริยะจักรวาลดั้งเดิมได้สำเร็จ
ข. นาซาถ่ายภาพดาวพลูโตจากระยะใกล้ที่สุดได้สำเร็จ
ค. มนุษยชาติได้รับความรู้เกี่ยวกับดาวพลูโตมากขึ้น
ง. การสำรวจของนาซาในครั้งนี้ทำให้ยุติข้อถกเถียงเกี่ยวกับดาวพลูโต

8. การบอกขนาดของดาวเคราะห์ในระบบสุริยะจักรวาลใช้หลักการใด
ก. บอกขนาดของดวงดาวโดยใช้การประมาณค่าโดยใช้นิ้วมือ
ข. การหารัศมีของดาว
ค. การหาอุณหภูมิพื้นผิวของดาวมาเทียบกับอุณหภูมิของโลก
ง. การใช้ดาวเทียมไปวัดขนาดของดาวฤกษ์

9. ข้อใดสัมพันธ์กันน้อยที่สุด

ก. ดวงจันทร์ชารอนเป็นดวงจันทร์ที่ใหญ่ที่สุดของดาวพลูโต

ข. ดาวพลูโตมีขนาดเล็กเหมือนที่เคยเชื่อในอดีต

ค. ยานฮอร์ไรซันเป็นยานที่ไม่ต้องใช้นักบินอวกาศ

ง. ยานฮอร์ไรซันสำรวจดาวพลูโตและดาวชารอน

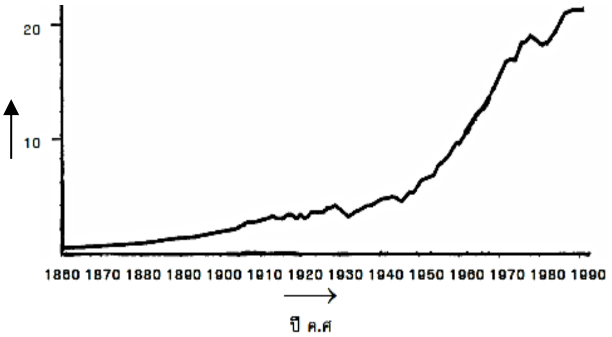
4. ปรากฏการณ์เรือนกระจก : เรื่องจริง หรือ นวนิยาย?

สิ่งที่มีชีวิตต้องการพลังงานในการดำรงชีวิต และพลังงานสำหรับสิ่งมีชีวิตบนโลกมาจากดวงอาทิตย์ ซึ่งแผ่มาในอวกาศได้เพราะร้อนมาก แต่พลังงานที่มาถึงโลกมีสัดส่วนเพียงเล็กน้อยเท่านั้น

บรรยากาศของโลกทำตัวเหมือนผ้าห่มคลุมป้องกันผิวโลกของเรา คอยป้องกันการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิ ซึ่งจะเกิดขึ้นหากโลกนี้ไม่มีอากาศพลังงานที่แผ่มาจากดวงอาทิตย์ส่วนใหญ่จะผ่านบรรยากาศของโลก โลกจะดูดซับพลังงานไว้บางส่วนและสะท้อนพลังงานบางส่วนกลับไป พลังงานที่สะท้อนกลับนี้บางส่วนจะถูกดูดซับโดยชั้นบรรยากาศ ผลที่เกิดขึ้นคือ หากไม่มีบรรยากาศดังกล่าว อุณหภูมิโดยเฉลี่ยเหนือผิวโลกจะสูงกว่าที่เป็นอยู่นี้ ทำให้บรรยากาศของโลกเกิดผลทำนองเดียวกับเรือนกระจก จึงเรียกว่า “ปรากฏการณ์เรือนกระจก”

ปรากฏการณ์เรือนกระจกนี้ มีการกล่าวถึงกันมากในศตวรรษที่ 20 อุณหภูมิโดยเฉลี่ยของบรรยากาศของโลกได้เพิ่มสูงขึ้นจริง หนังสือพิมพ์และวารสารต่างๆ มักบอกว่า ตัวการสำคัญที่ทำให้อุณหภูมิเพิ่มขึ้นในศตวรรษที่ 20 คือ การเพิ่มขึ้นของคาร์บอนไดออกไซด์นักเรียนคนหนึ่งชื่ออัจฉริยะ สนใจที่จะศึกษาความสัมพันธ์ที่อาจเป็นไปได้ระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศของโลก และ ปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาบนโลกเขาค้นพบกราฟ 2 รูป ในห้องสมุดดังต่อไปนี้

คาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูก
ปล่อยออก (พันล้านตันต่อปี)



อุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศ
ของโลก (ºC)

อัจฉริยะสรุปจากกราฟสองรูปนี้ว่า อุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศของโลกที่สูงขึ้น เป็นเพราะคาร์บอนไดออกไซด์ถูกปล่อยออกมาสู่โลกเพิ่มมากขึ้น

ที่มา : ตัวอย่างการประเมินผลวิทยาศาสตร์นานาชาติ: PISA และ TIMSS

10. จากบทความข้างต้นข้อใดสรุปได้ถูกต้องที่สุด
ก. พลังงานจากดวงอาทิตย์จะผ่านมายังโลกได้แค่บางส่วน
ข. สิ่งมีชีวิตต้องการพลังงานในการดำรงชีวิต
ค. ปรากฏการณ์เรือนกระจกทำให้โลกร้อน
ง. สาเหตุของโลกร้อนขึ้นเกิดจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์

11. ข้อใดกล่าวไม่ถูกต้องเกี่ยวกับปรากฏการณ์เรือนกระจก
ก. ทำให้อุณหภูมิภายในโลกสูงขึ้น
ข. เกิดจากการเพิ่มขึ้นของก๊าซคาร์บอนใดออกไซด์
ค. ช่วยเพิ่มชั้นบรรยากาศของโลก
ง. การเผาไหม้เชื้อเพลิงทำให้โลกมีอุณหภูมิสูงขึ้น

12. จากกราฟระหว่างอุณหภูมิเฉลี่ยของบรรยากาศของโลก และ ปริมาณของคาร์บอนไดออกไซด์ที่ถูกปล่อยออกมาบนโลกข้อใดกล่าวถูกต้อง

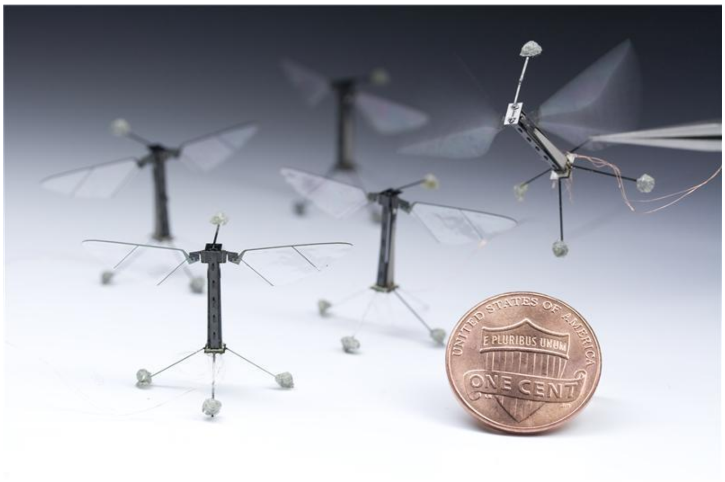
ก. การเพิ่มคาร์บอนไดออกไซด์ในหลายปีที่ผ่านมาเกิดจากอุณหภูมิที่สูงขึ้น

ข. จากกราฟความสัมพันธ์แสดงให้เห็นการเปลี่ยนแปลงของอุณหภูมิที่เปลี่ยนแปลงอย่างรวดเร็ว

ค. ขณะที่มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เพิ่มขึ้นอุณหภูมิก็เพิ่มขึ้นด้วย

ง. มีการปล่อยก๊าซคาร์บอนไดออกไซด์เยอะขึ้น

5. ROBO-FLY หุ่นยนต์แมลงขนาดจิ๋ว



หุ่นยนต์ขนาดจิ๋วนี้สร้างจากคาร์บอนไฟเบอร์มีน้ำหนักเพียง 1 ส่วน 10 กรัมเท่านั้น วัตถุประสงค์ในการสร้างขึ้นเพื่อนำมาใช้ในการค้นหาผู้รอดชีวิตในซากอาคารปรักหักพังหรือในสถานที่ที่มีสิ่งแวดล้อมเลวร้ายเกินกว่ามนุษย์จะเข้าไปได้นั่นเอง Robo-fly ตัวนี้มีจุดเด่นอยู่ที่ความสามารถในการขยับกล้ามเนื้อที่สร้างขึ้นมาเป็นปีก โดยสามารถขยับ(กระพือ)ได้เฉลี่ย 120 ครั้งต่อวินาที อีกทั้งยังมีพฤติกรรมเลียนแบบแมลงก็คือ สามารถหลบหลีกเวลาจะถูกมนุษย์ตีได้ การที่ปีกสามารถขยับได้เร็วขนาดนี้เนื่องจากใช้วัสดุชนิดพิเศษที่เรียกว่า piezoelectric material ซึ่งจะเกิดการหดตัวทุกครั้งเมื่อมีกระแสไฟฟ้าจ่ายเข้าไป การเปิดปิดการจ่ายกระแสไฟฟ้าอย่างรวดเร็วนี้เองทำให้นักวิทยาศาสตร์สามารถสร้างกล้ามเนื้อขนาดเล็กจากวัสดุนี้ให้มีลักษณะเหมือนกับปีกของแมลงได้

อ้างอิงจาก http://www.bbc.co.uk/news/science-environment-22380287 และ

http://www.sciencemag.org/content/340/6132/603

เข้าถึงเมื่อ 19 กรกฎาคม 2558

13. จากบทความข้างต้นข้อใดกล่าวถูกต้องที่สุด

ก. หุ่นยนต์ Robo-fly สร้างเพื่อช่วยค้นหาผู้รอดชีวิตจากการพังของสิ่งก่อสร้างได้

ข. ข้อเสีย Robo-fly คือระยะเวลาใช้งานน้อย

ค. Robo-fly สามารถหลบหลีกมนุษย์ได้เพราะมีพฤติกรรมเลียนแบบแมลง

ง. Robo-fly ทำมาจากวัสดุ piezoelectric material

14. การที่หุ่นยนต์จิ๋วสามารถขยับปีกได้ใช้หลักการในข้อใด

ก. ความกดดันของอากาศด้านบนและด้านล่างของปีก

ข. การหดบีบแรงจากกล้ามเนื้อ flexor และ extensor

ค. การขยายตัวของกล้ามเนื้อเมื่อได้รับความร้อน

ง. การทำงานร่วมกันของกล้ามเนื้อยึดเปลือกหุ้มส่วนอกกับกล้ามเนื้อตามยาว

15. ข้อใดสัมพันธ์กันมากที่สุด

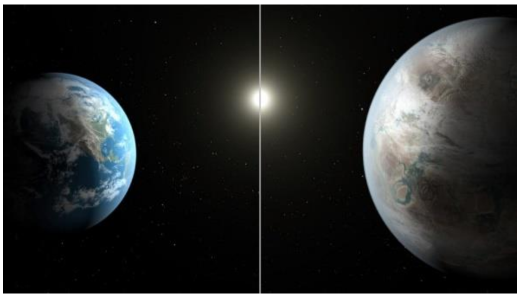
ก. Robo-fly มีน้ำหนักเบามาคือ 1/10 กรัม

ข. Robo-fly ขยับปีกได้เฉลี่ย 110 ครั้งต่อวินาที

ค. Robo-fly มีพฤติกรรมเลียนแบบแมลง

ง. Robo-fly เป็นหุ่นอัจฉริยะ

6. นาซายืนยันพบดาวเคราะห์คล้ายโลกที่สุดเท่าที่เคยพบมา



โครงการอวกาศเคปเลอร์ของนาซายืนยันการค้นพบดาวเคราะห์ที่มีขนาดคล้ายโลกที่อยู่ในบริเวณที่สิ่งมีชีวิตจะอาศัยอยู่ได้ ดาวเคราะห์ดวงนี้โคจรอยู่รอบดาวฤกษ์ที่มีลักษณะคล้ายกับดวงอาทิตย์ นับเป็นความสำเร็จครั้งยิ่งใหญ่อีกครั้งหนึ่งของภารกิจการค้นหา"โลก"ใหม่

ดาวเคราะห์ เคปเลอร์-452b เป็นดาวเคราะห์ขนาดเล็กที่สุดที่ถูกค้นพบในบริเวณที่เหมาะสมกับการดำรงอยู่ของสิ่งมีชีวิตของดาวฤกษ์ประเภท G2 เช่นดวงอาทิตย์ โดยบริเวณดังกล่าวที่เรียกกันว่า habitable zone นี้เป็นบริเวณที่น้ำจะคงสถานะของเหลวอยู่บนพื้นผิวของดาวเคราะห์ได้ การยืนยันการค้นพบดาวเคราะห์เคปเลอร์-452b นี้ทำให้เราค้นพบดาวเคราะห์ลักษณะดังกล่าว

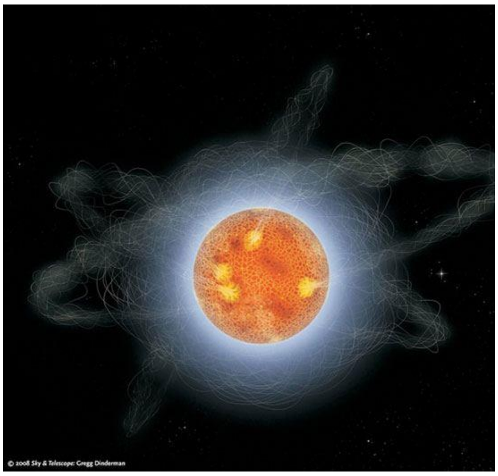
รวมเป็น 1030 ดวงแล้ว"ภารกิจของเคปเลอร์ได้ค้นพบดาวเคราะห์และดาวฤกษ์แม่ที่มีลักษณะคล้ายกับโลกและดวงอาทิตย์ของเรา ในวาระครบรอบ 20 ปีพอดีของการพิสูจน์ว่าดวงอาทิตย์ดวงอื่นๆก็มีดาวเคราะห์เหมือนกัน" จอห์น กรุนสเฟลด์ นักวิทยาศาสตร์ในโครงการภารกิจวิทยาศาสตร์ สำนักงานขององค์การบริหารการบินและอวกาศแห่งชาติ สหรัฐฯ หรือนาซ่า ที่วอชิงตันเผย"การค้นพบที่น่าตื่นเต้นครั้งนี้ทำให้เราเข้าใกล้การค้นพบโลก 2.0 เข้าไปทุกที"ดาวเคราะห์เคปเลอร์-452b มีขนาดใหญ่กว่าโลก มีคาบการโคจรรอบดวงอาทิตย์ 385 วันหรือยาวนานกว่าโลกเพียงแค่ 5 เปอร์เซ็นต์ และอยู่ห่างจาดาวแม่คือ ดาวเคปเลอร์-452 มากกว่าระยะระหว่างโลกกับดวงอาทิตย์ ดาวฤกษ์เคปเลอร์-452 มีอายุ 6 พันล้านปีหรือแก่กว่าดวงอาทิตย์ของเรา 1.5 ล้านปี มีอุณหภูมิพื้นผิวเท่ากัน และมีความสว่างมากกว่า 20 เปอร์เซ็นต์ มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าดวงอาทิตย์ 10 เปอร์เซ็นต์"เราคิดว่าดาวเคราะห์เคปเลอร์-452b น่าจะเป็นญาติลูกพี่ลูกน้องกับโลกที่มีขนาดใหญ่กว่าและแก่กว่าโลก ทำให้เราเริ่มจะมีโอกาสเข้าใจสิ่งแวดล้อมที่เปลี่ยนไปของโลกมากขึ้น ข้อมูลจากองค์การนาซา : http://www.nasa.gov/press-release/nasa-kepler-mission-discovers-bigger-older-cousin-to-earth

16. จากบทความข้างต้นข้อใดสรุปได้ถูกต้องที่สุด
ก. ดาวเคราะห์ เคปเลอร์-452b มีขนาดเส้นผ่านศูนย์กลางใหญ่กว่าดวงอาทิตย์ 10 เปอร์เซ็น
ข. นาซาค้นพบดาวเคราะห์ เคปเลอร์-452b ซึ่งมีลักษณะเหมือนโลก
ค. ดาวเคราะห์ เคปเลอร์-452b อายุ 6 พันล้านปีหรือแก่กว่าดวงอาทิตย์ของเรา 1.5 ล้านปี
ง.ในอนาคตมนุษย์จะสามารถไปอาศัยอยู่ที่ดาวเคราะห์ เคปเลอร์-452b ได้

17. สิ่งใดที่นักวิทยาศาสตร์ใช้ตั้งสมมติฐานว่ามนุษย์สามารถอาศัยอยู่ในดาวเคราะห์ดวงอื่นๆได้
ก. โครงสร้างของดาวเคราะห์
ข. ปริมาณแรงดันอากาศของดาวเคราะห์
ค. ร่องรอยการดำรงชีวิตของสิ่งมีชีวิตในดาวเคราะห์
ง. แหล่งพลังงานภายในดาวเคราะห์

18. ข้อความใดสัมพันธ์กับบทความข้างต้นมากที่สุด
ก. ดาวเคราะห์ เคปเลอร์-452b คือดาวเคราะห์ที่เหมือนกับโลก
ข. ดาวเคราะห์ เคปเลอร์-452b มีความสว่างมากกว่าดวงอาทิตย์ 20 เท่า
ค. บนดาวเคราะห์ เคปเลอร์-452b พบบริเวณที่น้ำคงอยู่ในสถานะของเหลวบนพื้นดาวเคราะห์
ง. ดาวเคราะห์ เคปเลอร์-452b เป็นดาวเคราะห์ที่ต้องการศึกษาเพิ่มเติม เพราะอาจจะพบสิ่งมีชีวิตที่คล้ายมนุษย์อยู่ก็เป็นได้

7. พบพลังงานปริศนาในห้วงอวกาศ ปล่อยพลังงานมหาศาล



เมื่อไม่นานมานี้ นักดาราศาสตร์ได้ค้นพบเรื่องน่าประหลาดใจ เมื่อพบคลื่นพลังงานมหาศาล ที่ปรากฏขึ้นในระยะเวลาเพียงเสี้ยวของเสี้ยววินาที แต่ที่ทำให้นักดาราศาสตร์ประหลาดใจก็คือมันปล่อยพลังงานออกมามากพอ ๆ กับที่ดวงอาทิตย์ส่งออกมาตลอด 300,000 ปีเลยด้วยซ้ำ ทำให้นักวิทยาศาสตร์ทั้งหลายต่างพากันมาขบคิดว่าอะไรกันที่จะปล่อยพลังงานออกมามากขนาดนั้น

ความสงสัยเกี่ยวกับพลังงานปริศนาดังกล่าวนี้ ได้ทำให้เกิดทฤษฎีหลากหลาย นำโดยทฤษฎีแรกที่ว่าพลังงานดังกล่าว เกิดจากดาวนิวตรอน ซึ่งเป็นดาวที่มีขนาดเล็กมากและมีความหนาแน่นสูง ถูกดูดกลืนเข้าไปในหลุมดำ ซึ่ง เฮโน ฟอล์ค ตัวแทนจาก New Scientist ได้อธิบายเกี่ยวกับทฤษฎีนี้ว่า เมื่อหลุมดำก่อตัวขึ้น มันจะดึงดูดสนามแม่เหล็กจากดวงดาวต่าง ๆ จนหลุดออกไม่ต่างจากหนังยางเลยทีเดียว

ในขณะที่อีกทฤษฎีตั้งข้อสงสัยว่ามันน่าจะเกิดจาก แมกเนตาร์ ดาวนิวตรอนชนิดหนึ่งที่มีสนามแม่เหล็กสูงเสียมากกว่า อย่างไรก็ตาม ยังมีการตั้งข้อสังเกตอื่น ๆ อีกมาก รวมไปถึงทฤษฎีน่าสนใจของ เจมส์ คอร์ด นักดาราศาสตร์ประจำมหาวิทยาลัยคอร์เนลล์ ที่เชื่อว่ามันอาจเป็นดาวนิวตรอนมารวมตัวกัน แล้วค่อย ๆ ถูกหลุมดำกลืนกิน หรือสิ่งแปลกใหม่ที่ไม่ใช่ดวงดาวไปเลยก็ได้

ทั้งนี้ พลังงานปริศนานี้ถูกค้นพบครั้งแรกเมื่อ 6 ปีก่อน และล่าสุดก็ได้พบพลังงานที่ว่านี้ถึง 4 ครั้งผ่านกล้องโทรทรรศน์ในรัฐนิวเซาท์เวลส์ ประเทศออสเตรเลีย จึงได้สรุปกันว่ามันน่าจะเกิดขึ้นบ่อยครั้ง เฉลี่ยทุก 10 วินาที แต่ที่เรามองเห็นมันเพียงไม่กี่ครั้ง เป็นเพราะกล้องโทรทรรศน์ไม่ใหญ่พอจะมองเห็นภาพรวมได้ เราจึงมองเห็นได้เฉพาะจุด ต้องรอจังหวะที่บังเอิญมาตรงกันเท่านั้น

อย่างไรก็ดี ไม่ว่าพลังงานปริศนานี้จะเป็นอะไร และมีสาเหตุมาจากอะไรก็ตาม แต่เนื่องจากมันอยู่ในตำแหน่งไกลออกไปจากทางช้างเผือก ทำให้เชื่อว่ามันมีอายุอย่างน้อย 6-9 พันล้านปีเลยทีเดียว ยิ่งไปกว่านั้นยังเชื่อว่ามันอาจเป็นกุญแจไขคำตอบว่าก๊าซแบบไหน เป็นตัวแบ่งช่องว่างระหว่างกาแล็กซีอยู่ก็ได้

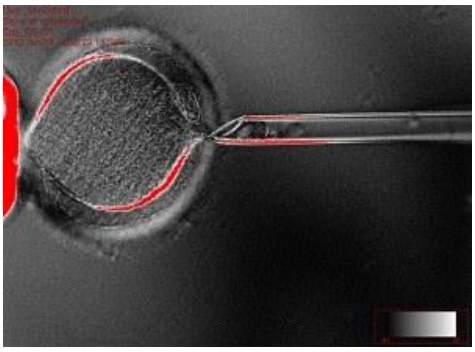
ที่มา: http://men.kapook.com/view66783.html
เข้าถึง เข้าถึงเมื่อ 19 กรกฎาคม 2558

19. จากบทความข้างต้นข้อใดสรุปได้ถูกต้องที่สุด
ก. พลังงานปริศนาปล่อยความร้อนได้มากกว่าดวงอาทิตย์
ข. พลังงานปริศนาจะทำให้มนุษย์ทราบว่าก๊าซใดเป็นตัวแบ่งช่องว่างของกาแล็กซี่
ค. นักวิทยาศาสตร์ค้นพบพลังงานปริศนาที่เกิดจากดาวนิวตรอน
ง. นักวิทยาศาสตร์ค้นพบพลังงานปริศนาที่สามารถแผ่พลังงานได้พอๆกับดวงอาทิตย์

20. การวัดพลังงานที่แผ่ออกมาจากดวงดาวใช้หลักการใด
ก. ศึกษาจากโครงสร้างภายในดาวเคราะห์
ข. คำนวณจากบรรยากาศของดาวเคราะห์
ค. คำนวณจากความทึบแสงของดาวเคราะห์
ง. คำนวณจากสีของดาวเคราะห์

21. ข้อความใดสัมพันธ์กับข่าวข้างต้นมากที่สุด
ก. พลังงานปริศนาสามารถบอกถึงก๊าซที่ใช้แบ่งช่องว่างระหว่างแกแล็กซี่ได้
ข. พลังงานปริศนาสามารถแผ่พลังงานได้ใกล้เคียงกับพลังงานที่ดวงอาทิตย์แผ่ออกมา
ค. พลังงานปริศนาคือดาวนิวตรอนมารวมตัวกัน แล้วค่อย ๆ ถูกหลุมดำกลืนกิน
ง. พลังงานปริศนาพบเห็นได้ตลอดเวลา

8. นักวิทย์สหรัฐ "โคลนนิ่ง"ตัวอ่อนมนุษย์สำเร็จครั้งแรก ด้วยวิธีเดียวกับ"แกะดอลลี่



"นักวิทยาศาสตร์สหรัฐฯเปิดเผยว่า การโคลนนิ่งมนุษย์ได้ถูกใช้ในการสร้างตัวอ่อนมนุษย์ได้สำเร็จ ซึ่งถือเป็นก้าวย่างสำคัญสำหรับวงการแพทย์ของโลกโดยตัวอ่อนที่เกิดจากการโคลนนิ่งจะถูกใช้เป็นแหล่งของสเต็มเซลล์ ที่จะถูกนำไปสร้างกล้ามเนื้อหัวใจ กระดูก เนื้อเยื่อสมอง หรือเซลล์ชนิดอื่นๆภายในร่างกาย

ผลการศึกษาที่ตีพิมพ์ในวารสาร"เซลล์" ระบุว่า นักวิทยาศาสตร์ประสบความสำเร็จในการโคลนนิ่งเซลล์ตัวอ่อนมนุษย์ได้เป็นครั้งแรก โดยใช้เทคนิคเดียวกับการโคลนนิ่งแกะ"ดอลลี" สัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมตัวแรกของโลก ที่เกิดจากการโคลนนิ่งเมื่อปี 1996 ที่ประเทศอังกฤษ อย่างไรก็ดี นักวิทยาศาสตร์กล่าวว่าการใช้สเต็มเซลล์จากแหล่งอื่นๆอาจง่ายกว่า ถูกกว่า และสร้างข้อถกเถียงน้อยกว่าวิธีการเช่นนี้ ส่วนฝ่ายที่คัดค้านกล่าวว่า การทำการทดลองกับตัวอ่อนมนุษย์เป็นเรื่องผิดศีลธรรมอย่างยิ่ง และเรียกร้องให้มีการยกเลิก

สเต็มเซลล์เป็นหนึ่งในความหวังครั้งยิ่งใหญ่ของวงการแพทย์ ความสามารถในการสร้างเนื้อเยื่อขึ้นใหม่ได้อาจนำไปช่วยรักษาความเสียหายจากอาการหัวใจวาย หรือใช้ซ่อมแซมเส้นประสาทไขสันหลัง โดยมีการทดลองนำสเต็มเซลล์จากตัวอ่อนที่มีผู้บริจาค เพื่อใช้ในการรักษาการมองเห็นของผู้ป่วย อย่างไรก็ดี พบว่าเซลล์ดังกล่าวไม่สามารถเข้ากับร่างกายของผู้ป่วยได้

นักวิทยาศาสตร์จากมหาวิทยาลัย โอเรกอน เฮลธ์ แอนด์ ไซแอนซ์ ยูนิเวอร์ซิตี้ เปิดเผยความสำเร็จในการโคลนนิ่งเซลล์ตัวอ่อนมนุษย์ได้เป็นครั้งแรก จากการพัฒนาตัวอ่อนให้เข้าสู่ระยะบลาสโตซิสต์ หรือระยะก่อนที่จะฝังตัวกับมดลูก หรือราว 150 เซลล์ ที่มากพอที่จะใช้เป็นแหล่งสเต็มเซลล์ที่ได้จากตัวอ่อนระยะแรกๆ

นายแพทย์ชูกราต มาตาลิพอฟ นักวิจัยจากศูนย์วิจัยสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมแห่งชาติโอเรกอน เปิดเผยว่า จากการวิเคราะห์สเต็มเซลล์ที่ได้จากวิธีการดังกล่าวอย่างละเอียดถี่ถ้วน พบว่าสเต็มเซลล์มีความสามารถในการเปลี่ยนแปลงเป็นเซลล์หลายประเภทเช่นเดียวกับสเต็มเซลล์ที่ได้จากตัวอ่อนตามธรรมชาติอาทิเซลล์ประสาท เซลล์ตับ และเซลล์หัวใจ อย่างไรก็ดี วิธีการดังกล่าวยังจำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมอีกมาก เพื่อให้ได้สเต็มเซลล์ที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ

วิธีการนี้คล้ายคลึงกับความสำเร็จของการโคลนนิ่งแกะ"ดอลลี"ซึ่งเป็นสัตว์เลี้ยงลูกด้วยนมตัวแรกของโลกที่เกิดจากการโคลนนิ่งเมื่อ 17 ปีก่อน โดยการถ่ายฝากนิวเคลียสที่นักวิทยาศาสตร์สหรัฐฯใช้ คือ การนำเซลล์ผิวหนังทารกในครรภ์มารดา ซึ่งมีการพัฒนาเต็มที่แล้ว ฉีดเข้าไปในนิวเคลียสของไข่ ก่อนใช้วิธีทางวิทยาศาสตร์ทำให้ไข่เริ่มแบ่งตัว โดยกระบวนการดังกล่าวตามปกติแล้วจะเกิดขึ้นเฉพาะในเวลาที่ไข่ได้ผสมกับตัวอสุจิแล้วเท่านั้น

หลังจากกระบวนการนี้สิ้นสุดลงในอีกหลายวันต่อมาก้อนเซลล์ที่แบ่งตัวออกมาจะมีลักษณะทางพันธุกรรมแบบเดียวกับเซลล์ต้นแบบที่ใช้อย่างไม่ผิดเพี้ยน โดยในกรณีของการโคลนนิ่งแกะดอลลี นักวิทยาศาสตร์นำก้อนเซลล์ใหม่ที่ได้ ไปพัฒนาต่อเป็นตัวอ่อน และนำไปฝากในท้องของแกะตัวเมีย ก่อนคลอดออกมาเป็นแกะดอลลีในที่สุด

ที่มา : www.matichon.co.th
เข้าถึงเมื่อ 17 กรกฎาคม 2558

22. จากบทความนี้ข้อใดกล่าวได้ชัดเจนที่สุด
ก. การโคลนนิ่งตัวอ่อนมนุษย์เป็นเรื่องผิดศีลธรรม
ข. สเต็มเซลล์เป็นความหวังของวงการแพทย์
ค. การสร้างสเต็มเซลล์ของมนุษย์ได้สำเร็จ
ง. การโคลนนิ่งแกะดอลลี่

23. การโคลนนิ่งอวัยวะใช้หลักการใด
ก. การทำลายยีนที่อ่อนแอ
ข. การฝากถ่ายนิวเคลียสในสิ่งมีชีวิต
ค. การเพาะเลี้ยงเนื้อเยื่อของพืช
ง. การเคลื่อนย้ายยีนของสิ่งมีชีวิตหนึ่ง

24. ข้อใดมีความสอดคล้องเป็นเหตุเป็นผลกับข้อความข้างต้น
ก. การโคลนนิ่งจะทำให้เกิดผลเสียในแง่ของสัญชาตญาณความเป็นมนุษย์
ข. แกะดอลลี่ เกิดจากการการนำเซลล์ต้นแบบไปใส่ในท้องแพะ
ค. จำเป็นต้องมีการศึกษาเพิ่มเติมเพื่อให้ได้สเต็มเซลล์ที่ปลอดภัยและมีประสิทธิภาพ
ง. แพทย์ต้องการสเต็มเซลล์ไว้ใช้ในการทดลอง

9. **ผลตรวจอสุจิในช่องคลอดนักท่องเที่ยวอังกฤษพบดีเอ็นเอ 2 คนแต่ไม่ตรงกับผู้ต้องสงสัยรายใด**

วันนี้ (17 ก.ย. 2557) เมื่อเวลา 20.00 น. ที่สำนักงานตำรวจแห่งชาติ (ตร.) แหล่งข่าวระดับสูงเปิดเผยผลการตรวจดีเอ็นเอ และวัตถุพยานในคดีฆาตกรรม 2 นักท่องเที่ยวชาวอังกฤษที่เกาะเต่า จ.สุราษฎร์ธานี ว่าจากการตรวจสอบตัวอสุจิที่พบในช่องคลอดและทวารหนักของหญิงสาวที่เสียชีวิต พบดีเอ็นเอลักษณะผสมซึ่งน่าจะเป็นของ 2 คน ขณะเดียวกัน จากการตรวจดีเอ็นเอที่พบในก้นบุหรี่จำนวน 3 มวนที่ตกอยู่ห่างจากจุดที่พบศพ 50 เมตร พบว่า มวนแรกยี่ห้อมาร์ลโบโร มีรอยลิปสติกสีแดงติดอยู่ มวนที่ 2 พบดีเอ็นเอผสมของคน 2 คน และมวนที่ 3 พบดีเอ็นเอของชายอีก 1 คน ซึ่งเป็นคนละคนกับที่พบในมวนที่ 2 ผลตรวจดีเอ็นเอ อสุจิที่พบในช่องคลอดนักท่องเที่ยวสาวชาวอังกฤษ พบดีเอ็นเอ 2 คน เข้ากันได้กับดีเอ็นเอที่พบในก้นบุหรี่ แต่ยังไม่ตรงกับดีเอ็นเอผู้ต้องสงสัยรายใด

ทั้งนี้ จากการตรวจเปรียบเทียบพบว่า ดีเอ็นเอในบุหรี่มวนที่ 2 ไม่ขัดแย้งกันกับดีเอ็นเอที่พบในอสุจิ โดยไม่ขัดแย้งกันทั้งคู่ แต่จะยืนยันได้ว่าเป็นดีเอ็นเอในตัวอสุจิกับมวนบุหรี่เป็นคนเดียวกันหรือไม่ ต้องนำดีเอ็นเอของบุคคลนั้นมาตรวจเปรียบเทียบ อย่างไรก็ตาม จากการตรวจเปรียบเทียบกับดีเอ็นเอของผู้ต้องสงสัยทั้งหมด ยังไม่ตรงกับผู้ต้องสงสัยรายใดเลย แม้แต่นายคริสโตเฟอร์ ส่วนเส้นขนในมือหญิงสาวนั้นก็ยังไม่สามารถชี้ชัดดีเอ็นเอได้ เนื่องจากอาจมีการทำสี กัดสีมาก่อน ส่วนผลตรวจเลือดที่ติดอยู่ที่จอบเป็นของ น.ส.ฮันนาห์ อย่างไรก็ตาม เชื่อว่าทั้งคู่เสียชีวิตในเวลาไล่เลี่ยกัน

ที่มา : http://www.manager.co.th/Crime/ViewNews.aspx?NewsID=9570000107193
เข้าถึงเมื่อ 19 กรกฎาคม 2558

25. ข้อความใดสัมพันธ์กับบทความข้างต้นมากที่สุด

ก. คาบอสุจิที่พบตรงกับดีเอ็นเอของผู้ต้องสงสัย

ข. ฆาตรกรหื่นกามฆ่าข่มขืนนักท่องเที่ยว

ค. ดีเอ็นเอของคนร้ายที่พบบริเวณมวนบุหรี่ตรงกับดีเอ็นเอของอสุจิ

ง. ตำรวจไม่สามารถสรุปคดีได้

26. สารดีเอ็นเอจากเลือดเมื่อนำไปวิเคราะห์แล้วจะให้ความแม่นยำสูงพอๆกับดีเอ็นเอจากที่ใด

ก. เส้นผม

ข. ก้นกรองบุหรี่

ค. เซลล์กระพุ้งแก้ม

ง. เล็บ

27. ข้อใดสัมพันธ์กับข่าวน้อยที่สุด

ก. ผู้เสียชีวิตเป็นชาวอังกฤษ

ข. ดีเอ็นเอของผู้ต้องสงสัยไม่ตรงกับดีเอ็นเอของผู้ร้าย

ค. น้ำลายสามารถใช้เป็นเครื่องมือหาตัวคนร้ายได้

ง. พบคราบอสุจิบริเวณช่องคลอดและรูทวาร

10. ตรัง เตรียมพร้อมรับมืออุทกภัย วาตภัย ดินถล่มจากฝนตกหนัก

ผู้ว่าฯ ตรัง สั่งเตรียมพร้อมรับมืออุทกภัย วาตภัย ดินถล่มจากฝนตกหนักและคลื่นลมแรง โดยจัดเจ้าหน้าที่ในการเฝ้าระวังสถานการณ์ พร้อมเข้าช่วยเหลือตลอด 24 ชั่วโมง เตือน ปชช.ให้ติดตามประกาศภัยอย่างใกล้ชิด เพื่อเตรียมอพยพได้ทันท่วงที

เมื่อช่วงเช้า ของวันที่ 15 ก.ค. 58 นายสมศักดิ์ ปะริสุทโธ เหมทานนท์ ผวจ.ตรัง เปิดเผยว่า จังหวัดตรังเตรียมรับมืออุทกภัย วาตภัย ดินถล่มและคลื่นลมแรง โดยจัดเจ้าหน้าที่และมิสเตอร์เตือนภัยติดตามเฝ้าระวังสถานการณ์ภัยตลอด 24 ชั่วโมง

รวมถึงจัดเตรียมชุดเคลื่อนที่เร็ว เครื่องมืออุปกรณ์ประจำพื้นที่เสี่ยงให้พร้อมปฏิบัติการและช่วยเหลือผู้ประสบภัยทันทีที่เกิดภัย กรณีสถานการณ์รุนแรงจะดำเนินการตามขั้นตอนของแผนการป้องกันและบรรเทาสาธารณภัยจังหวัด เพื่อประสานการช่วยเหลือผู้ประสบภัยได้อย่างทันท่วงที

สำหรับประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัย ขอให้ติดตามพยากรณ์อากาศ และประกาศเตือนภัยอย่างใกล้ชิดพร้อมปฏิบัติตามคำเตือนอย่างเคร่งครัด รวมถึงหมั่นสังเกตสัญญาณความผิดปกติทางธรรมชาติ เช่น ระดับน้ำในแม่น้ำเพิ่มสูงขึ้นอย่างต่อเนื่อง น้ำในแม่น้ำ ลำคลองเปลี่ยนสีเป็นสีขุ่นข้นหรือสีเดียวกับสีดินภูเขา ฝนตกหนักต่อเนื่องในพื้นที่ป่าต้นน้ำมากกว่า 100 มม./วัน เป็นต้น จะได้อพยพหนีภัยได้ทันท่วงที

ส่วนชาวเรือให้เพิ่มความระมัดระวังในการเดินเรือ และเรือเล็กควรงดออกจากฝั่งในระยะนี้ ทั้งนี้ ประชาชนที่ประสบภัยสามารถติดต่อขอความช่วยเหลือได้ทางสายด่วนนิรภัย 1784 ตลอด 24 ชั่วโมง เพื่อประสานให้การช่วยเหลือโดยด่วน

ที่มา : https://www.thairath.co.th/content/511788
เข้าถึงเมื่อ 20 กรกฎาคม 2558

28. จากบทความนี้ข้อความใดสรุปได้ชัดเจนมากที่สุด
ก. ผู้ว่าจังหวัดตรังเตือนให้ประชาชนระวังน้ำท่วม
ข. จังหวัดตรังเตรียมพร้อมสำหรับเหตุวาตภัยที่อาจจะเกิดขึ้น
ค. ชาวเรือให้เพิ่มความระมัดระวังในการเดินเรือเรือเล็กควรงดออกจากฝั่ง
ง. ประชาชนที่อาศัยอยู่ในพื้นที่เสี่ยงภัยต้องหมั่นสังเกตสัญญาณความผิดปกติทางธรรมชาติ

29. การพยากรณ์สภาพอากาศยึดหลักการในข้อใด
ก. ความเชื่อตามตำราโหราศาสตร์
ข. วิเคราะห์แผนที่ลมชั้นล่าง
ค วิเคราะห์แผนที่อากาศพื้นผิว
ง. สังเกตมดดำที่ขนย้ายไขเข้าไปในบ้านเรือน

30. ข้อความใดสัมพันธ์กับบทความข้างต้นมากที่สุด
ก. ภัยธรรมชาติทำให้เกิดความเสียหายอย่างใหญ่หลวง
ข. มิเตอร์เตือนภัยส่งสัญญาณเมื่อเกิดเหตุฉุกเฉิน
ค. เรือเล็กสามารถออกจากฝั่งได้แต่ต้องใช้ความระมัดระวังสูง
ง. สัญญาณความผิดปกติทางธรรมชาติคือระดับน้ำในแม่น้ำสูงขึ้น

กระดาษคำตอบแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558

ชื่อ – สกุล .... ชั้น .... เลขที่ ....

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

เฉลยแบบทดสอบวัดการคิดวิเคราะห์ทางวิทยาศาสตร์
สำหรับนักเรียนชั้นมัธยมศึกษาปีที่ 6 ภาคเรียนที่ 1 ปีการศึกษา 2558

ชื่อ – สกุล .... ชั้น .... เลขที่ ....

ข้อ	ก	ข	ค	ง	ข้อ	ก	ข	ค	ง
1		x			16		x		
2	x				17				x
3			x		18	x			
4				x	19				x
5				x	20	x			
6	x				21		x		
7	x				22		x		
8				x	23				x
9		x			24			x	
10				x	25			x	
11			x		26		x		
12			x		27	x			
13	x				28				x
14			x		29	x			
15				x	30				x